



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE MENOR
DE 1,000 METROS LINEALES DE CALLES, DEL BARRIO SANTO DOMINGO,
UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ESTELÍ, POR EL MÉTODO DE AASHTO-93”.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Kiara Isamar Valdivia Castillo.
Br. Elianys Ismaríel Parrales Mendoza.

Tutor

Msc.Ing. Jimmy Sierra Mercado.

Managua, octubre 2018.

Managua, 19 de octubre 2018

Doctor

ING. OSCAR ISAAC GUTIÉRREZ SOMARRIBA

Decano

Facultad de Tecnología de la Construcción – UNI

Su Oficina.

Estimado Dr. Gutiérrez:

Por este medio tengo a bien informarle que la Monografía que lleva por nombre: **“DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE MENOR DE 1,000 METROS LINEALES DE CALLES, DEL BARRIO SANTO DOMINGO, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ESTELÍ, POR EL MÉTODO DE AASHTO-93”**. Está lista para entrar en el proceso de defensa, la cual fue realizada por los Bachilleres: **Br Kiara Isamar Valdivia Castillo, Br Elianys Ismaríel Parrales Mendoza**, bajo mi tutoría.

Adjunto documento final de dicha Monografía, para sus respectivas observaciones.

Sin más a que hacer referencia, le saludo.

Atentamente,

Msc.Ing. Jimmy Sierra Mercado.

CC: Archivo

CARTA DE APROBACION(incluir)

DEDICATORIA.

A DIOS: Le dedicamos primeramente nuestro trabajo a Dios que fue el creador de todas las cosas, el que nos ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer hemos estado; por ello, con toda la humildad de nuestro corazón puede emanar.

A Nuestra Familia: De igual forma, a nuestros Padres, a quienes les debemos toda la vida, les agradezco el cariño y su comprensión, a ustedes quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

A los Maestros: A nuestros maestros, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial a los Profesores que nos han dado clases, por haber guiado el desarrollo de este trabajo y llegar a la culminación del mismo.

Br. Kiara Isamar Valdivia Castillo.

Br. Elianys Ismarie Parrales Mendoza.

AGRADECIMIENTO.

Primero que nada, damos gracias a Dios, por estar en cada paso que día a día, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy y siempre a nuestras familias por el esfuerzo realizado por ellos. El apoyo incondicional en nuestros estudios, de ser así no hubiese sido posible.

A mis padres y demás familiares ya que nos brindan el apoyo, la alegría y nos dieron la fortaleza para seguir adelante.

Un agradecimiento especial a los profesores que nos han impartido clases en esta universidad por la colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por esa gran amistad que nos brindaron y, por escucharnos y aconsejarnos siempre.

Br. Kiara Isamar Valdivia Castillo.

Br. Elianys Ismarie Parrales Mendoza.

RESUMEN EJECUTIVO.

En el siguiente documento se presenta el diseño o de una estructura de pavimento Rígido (Concreto Hidráulico) y drenaje menor de 1000 metros lineales, el cual se encuentra situado en el Barrio Santo Domingo ubicado en el departamento de Estelí que inicia en las coordenadas geográficas: Estación inicial Norte= 13°06'17.0" Oeste=86°21'50.8" Estación final Norte= 13°07'33.5" Oeste= 86°21'50.7" con una longitud total de 1.0 kilómetros.

Los objetivos y resultados de esta Monografía se presentan en V capítulos son:

Capítulo I Generalidades.

Capítulo IV Diseño de Pavimento Rígido

Capítulo II Estudio tránsito.

Capítulo V Estudio de Hidrológico e Hidráulico.

Capítulo III Estudio Geotécnico.

CAPÍTULO I GENERALIDADES:

Este capítulo aborda las generalidades del proyecto como donde estará ubicado, una breve introducción, antecedentes, justificación sobre la importancia del diseño de los 1000 metros lineales de concreto hidráulico y objetivos planteados necesarios para lograr con éxito su diseño final.

CAPITULO II ESTUDIO DE TRÁNSITO:

Para cumplir con el primer objetivo propuesto, se realizó un conteo vehicular en la estación 0+000 (inicio del proyecto) donde se captó el 100% de los vehículos, luego se estimó TPDiS (trafico promedio diurno semanal) el cual se calculó por medio de los datos recolectados en el conteo vehicular, realizado durante 7 días consecutivos 12 horas diurnas (6 am-6 pm), con el objetivo de estimar el TPDA (trafico promedio diurno anual) para el cual se utilizaron factores de ajustes de la estación de mayor cobertura cercana al tramo(Estación 107 Sébaco San Isidro), los factores utilizados fueron: FD (factor día) y FE (Factor expansión).

Luego se realizaron correlaciones de los datos de TPDA Vs PIB (producto interno bruto) y TPDA Vs POB (población) con la finalidad de estimar una tasa de crecimiento para proyectar el tráfico actual, esto en un periodo de diseño, sabiendo que la vía es una colectoras suburbana, luego se estimó el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL s) o W18.

CAPITULO III ESTUDIO GEOTÉCNICO:

Se analizó con el objetivo de conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo para ello se analizaron 11 sondeos de línea a cada 100 metros a lo largo del camino desde la estación 0+000 hasta la 1+000, así como los bancos de materiales facilitados por la Alcaldía Municipal de Estelí en colaboración con la empresa IDISA (Ingeniera, Desarrollo e Inversiones S.A).

Los suelos que predominan a lo largo del tramo son A-7-5, A-7-6, A-2-4 y según las especificaciones (NIC Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. NIC 2000), Son suelos de mala calidad para base exceptuando el estrato de suelo A-2- 4 (0) caracterizado según la AASHTO como un suelo de regular calidad, este se encuentra dentro del grupo de suelos A-2.

Luego de realizar el análisis de los sondeos se procedió a realizar el cálculo del CBR de la subrasante esto con el propósito de valorar la resistencia del terreno en base al dato obtenido y tomar luego las consideraciones necesarias para el diseño de la estructura de pavimento.

Se identificaron don bancos de materiales cercanos al tramo de estudio, el Banco de préstamo N#1 San Pedro el cual presenta un tipo de suelo A-2-4 (0), con índice de grupo cero, se encuentra dentro del grupo de suelos A-2, considerado según AASHTO de buena calidad, su CBR al 95% próctor modificado es de 61%.

El Banco N#2 Villa Esperanza presenta un tipo de suelo A-1-a (0), con índice de grupo cero, se encuentra dentro del grupo de suelos A-1, considerado según las AASHTO de excelente calidad, su CBR al 95% próctor modificado es de 84%.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO.

En este capítulo se presenta el diseño del pavimento rígidos según la guía AASHTO publicada en 1993. La determinación de los espesores de losa se llevó a cabo a través de programas computacionales; para el método AASHTO edición 1993 se utilizó el programa WinPAS desarrollado por la ACPA.

Las variables que intervienen se detallan a continuación:

- a) Espesor de losa de pavimento de concreto hidráulico. ($D=6$ pulgadas)
- b) Número de ejes equivalentes del eje patrón de 18,000 libras (ESAL's), representado por el tráfico (**$W_{18}=646,197.00$**).
- c) Coeficiente de confiabilidad ($R=80\%$), representado por la desviación normal estándar (Z_R) y por el error estándar combinado (**$S_0=0.35$**).
- d) Módulo de reacción de la subrasante-subbase (**$K=180$**).
- e) Pérdida de serviciabilidad (**$\Delta PSI= 2.5$, $P_0=4.5$, $P_t=2.0$**).
- f) Propiedades del concreto: Módulo de ruptura (**$MR=600$**) y Módulo de elasticidad (**$E_c=3,597,329.82$**).
- g) Coeficiente de transferencia de carga (**$J=3.20$**).
- h) Coeficiente de drenaje (**$C_d=1.00$**).

CAPÍTULO VI: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.

El desarrollo de este capítulo comprende un estudio hidrológico del Barrio Santo Domingo de 1000 metros de calles, se identificaron 30 Microcuencas y se separaron en dependencia del tipo de obra de drenaje requerida, ya que a lo largo del tramo no existen obras de drenaje menor, todas las obras de drenaje propuestas se dimensionaron para tener la capacidad hidráulica para evacuar el caudal resultante para cada una de las Microcuencas, en base a los resultados del programa Hcanales (versión 3.0).

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 JUSTIFICACION.....	3
1. 4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivos General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.	4

CAPITULO II ESTUDIO DE TRÁNSITO

2. 1 Generalidades.	5
2. 2 Metodología.....	5
2. 2. 1 Recopilación de datos.....	5
2. 2. 2 Procesamiento de Datos.....	5
2. 2. 3 Análisis de la información obtenida.....	5
2. 2. 4. Ubicación de la Estación de Aforo Vehicular.	6
2. 2. 5. Periodo de aforo de tránsito.....	6
2. 2. 6. Clasificación de vehículos.....	7
2. 2. 7. Tipos de vehículos.	7
2. 2. 8. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.	8
2. 2. 9 Clasificación de ejes	8
2. 2. 10. Digitalización y control de calidad.	9
2. 2. 11. Resultados de los aforos de tránsito.....	9
2. 2. 12. Determinación del Tránsito Promedio Diurno (TPDiS).	10
2. 3. Calculo del Transito Promedio Anual (TPDA).	12
2. 4. Determinación de las Tasas de Crecimiento.	15
2. 4. 1. Correlación de datos para la ECD 110 y EMC 107.....	15
2. 4. 2. Correlación de datos entre EMC N° 107 y Producto Interno Bruto. .	18
2. 4. 3. Correlación de datos entre EMC 107 y Población (POB).	21
2. 4. 4. Calculo de Proyección de Tráfico.	24
2. 4. 5. Tasa de Crecimiento Seleccionada.	27
2. 5. Calculo del Tránsito de Diseño.....	27

2. 5. 1. Período de Diseño (PD).....	27
2. 5. 2. Factor de Crecimiento (FC).....	28
2. 5. 3. Factor Distribución Por Dirección (FD).	28
2. 5. 4. Factor Distribución Por Carril (fc).....	29
2. 5. 5. El Índice de Serviabilidad Inicial (Po).	30
2. 5. 6. El Índice de Serviabilidad Final (Pt).....	30
2. 5. 7. Pérdida de Serviabilidad (Δ PSI).	30
2. 5. 8. Espesor de Losa (D) Estimado.	31
2. 5. 9. Factor de Equivalencia (FESAL).....	31
2. 5. 10. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).....	34

CAPITULO III ESTUDIO GEOTÉCNICO

3. 1 Generalidades.	36
3. 2 Metodología.....	36
3.2.1 Evaluación de la Sub-Rasante.....	37
3.2.2 Estudios de laboratorio.	37
3.2.3 Sondeos efectuados.	38
3.2.4. Resultado de los Ensayos sobre la Línea.	38
3.2.5. Análisis de los Resultados.	41
3.2.6. Estratigrafía del Terreno.	41
3.2.7. Evaluación de la Sub-Rasante.....	46
3.2.8. Ensayos de Bancos.	47
3.2.9 Banco de Préstamo N -1 San Pedro.....	48
3.2.10. Banco de Préstamo N -2 Villa Esperanza.	48
3.2.11. Clasificación y Descripción del Banco de préstamo N-1.....	50
3.2.12. Clasificación y Descripción del Banco de préstamo N-2.....	50
3.2.13. Análisis de Bancos de préstamos.	50
3.3. CBR de Diseño.....	52

CAPITULO IV DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1. Generalidades.	55
4.2. Variables a considerar en este método:	56
4.2.1. Ejes simples equivalentes de 82 kN (W80).....	56
4.2.2. Confiabilidad (R) y Desviación normal estándar (Zr).	57

4.2.3. Desviación Estándar.	58
4.2.4. Serviciabilidad.	58
4.2.5. Consideraciones de drenaje en el diseño del pavimento.	60
4.2.6. Cálculo del CBR de diseño.	61
4.2.7. Módulo de Resiliencia (MR).	61
4.2.8. Coeficiente de transmisión de carga (J).	61
4.2.9. Propiedades del Concreto.	63
4.2.9.1. Módulo de Elasticidad del Concreto (Ec).	63
4.2.9.2. Módulo de Ruptura (MR).	64
4.2.10. Módulo de reacción de la subrasante (k) de diseño.	65
4.2.11. Factor de pérdida de soporte (Ls).	66
4.2.11. Daño Relativo (Uf).	67
4.2.12. Procedimiento para calcular el Espesor de Losa.	68
4.3. Espesores finales de Diseño.	71
4. 4. Programa WinPAS 10 (Pavement Analysis Software).	72
4. 5. Modulaci3n de la losa de Concreto.	74

CAPITULO V ESTUDIO HIDROL3GICO E HIDRÁULICO

5.1. Metodología.	80
5.1.1. Estudio Hidrol3gico.	80
5.1.1.1. Dise1o del sistema de drenaje pluvial (Método Racional).	80
5.1.1.2. Subcuencas Hidrol3gicas Identificadas.	80
5.1.1.3. Período de Retorno (PR).	83
5.1.1.4. Pendiente (Sc).	84
5.1.1.5. Coeficiente de Escorrentía (C).	85
5.1.1.6. Tiempo de Concentraci3n (Tc).	86
5.1.1.7. Intensidad Duraci3n Frecuencia (IDF).	88
5.2. Dise1o HidrÁulico de Obras Propuestas.	90
5.2.1. Coeficiente de Rugosidad (n).	90
5.2.2. Dimensionamiento de Cunetas.	90
5.2.3. Dimensionamiento de Badenes.	97
CONCLUSIONES.	102
RECOMENDACIONES.	105
BIBLIOGRAFÍAS.	107

ANEXOS

Imagen- 48 : Macro-Localización del tramo en análisis (Municipio de Estelí). ...	I
Fotos: Estado Actual del Tramo en Estudio.	III
Conteo Vehicular de 7 días (lunes a Domingo).	VII
Tabla-77: Conteo Vehicular día Domingo 13 –Mayo– 2018.	X
Tabla-78: Indicadores Macro-Económicos.	X
Tabla-79: Registros Históricos de la Estación EstelíCóndega.....	XI
Tabla-80: Registros Históricos de la Estación Empalme Sébaco -San Isidro..	XI
Tabla-81: Crecimiento Promedio en la actividad Económica de Nicaragua ...	XII
Grafico-19: Crecimiento PIB 2011-2016.....	XI
Tabla-82: Tasas de Crecimientos de las 11 Estaciones de Mayor Cobertura.....	XII
Tabla-83: Tipología y Descripción Vehicular de conteos de Trafico.	XIV
Tabla-84: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Liviano.....	XV
Tabla-85: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Pesados.	XV
Tabla-86: Factores de Carga para Pavimentos, ejes simples.	XVI
Tabla-87: Factores de Carga para Pavimentos, ejes tándem.	XVII
Tabla -88: Clasificación de suelos, según AASHTO.	XVIII
Tabla -89: Resultados de Laboratorio del Banco de Préstamo N#1.	XIX
Tabla -90: Resultados de Laboratorio del Banco de Préstamo N#2.	XX
Tabla-91: Requisitos que debe Cumplir el Material, para Base.....	XXI
Tabla-92: Requisitos Graduación de Agregados.....	XXI
Tabla-93: Requisitos que debe cumplir el material, para Sub- Base.....	XXII
Tabla -94: Requisitos graduación de agregados.	XXII
Imagen No. 51. Mapa de estaciones IDF.	XXIII
Tabla -95: Factores de ajuste para la estación de Cóndega.	XXIII
Tabla -96: Intensidades en mm/h para la estación de Cóndega-Estelí.	XXIV
Gráfico -20. Curvas IDF estación Cóndega.....	XXIV
Imagen -52: Ubicación de Badenes Propuestos (Est. 0+000 – 0+298).....	XXVI
Imagen -53: Ubicación de Badenes Propuestos (Est. 0+298 – 0+481).....	XXVII
Imagen -54: Ubicación de Badenes Propuestos (Est. 0+481 – 1+000).....	XXVIII

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico - 1 Comportamiento de Tráfico Diurno.....	10
Gráfico - 2 Tráfico Promedio Diurno por Tipo de Vehículo.	12
Gráfico - 3 Composición Vehicular.....	14
Gráfico - 4 Correlación TPDA de la Estación ECD 110.....	17
Gráfico - 5 Correlación TPDA de la Estación EMC 107.....	17
Gráfico - 6 Correlación TPDA (EMC 107) y PIB (Miles \$).....	19
Gráfico - 7 Correlación LN TPDA (EMC 107) y LN PIB (Miles \$).....	20
Gráfico - 8 Correlación TPDA (EMC 107) y Población (Miles \$).....	22
Gráfico - 9 Correlación LN TPDA (EMC 107) y LN Población (Miles \$).....	23
Gráfico- 10: Estratigrafía (Est. 0+000 a 0+400).....	42
Gráfico- 11: Estratigrafía (Est. 0+500 a 1+000).....	43
Gráfico 12: Calculo del CBR de Diseño.....	54
Gráfico 13:Comportamiento del pavimento con el índice de serviciabilidad.	59
Gráfico 14: Ábaco para obtener el Módulo de reacción compuesto de subrasante.	65
Gráfico 15: Ábaco para corregir el módulo de reacción (K) de la subrasante	67
Gráfico 16:Daño Relativo del Pavimento Rígido.....	68
Gráfico 17:Ábaco de diseño para pavimentos Rígidos.....	69
Gráfico 18:Ábaco de diseño para pavimentos Rígidos.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla - 1 : Aforo Vehicular.....	6
Tabla - 2: Aforo Vehicular 7 Días/ Años Sentidos.....	9
Tabla - 3: Tráfico Promedio Diurno de 12 horas por Tipo de Vehículo.	11
Tabla - 4: Factores del Segundo Cuatrimestre del Año (Mayo - Agosto EMC 107).	13
Tabla - 5: Tráfico Promedio Diario.....	14
Tabla - 6: Registros históricos del PIB, TPDA y Población.....	15
Tabla - 7: Tasas de Crecimiento Anual para la ECD 110 y la EMC 107.	16
Tabla - 8: Tasas de Crecimiento Anual para PIB.....	18
Tabla - 9: LN TPDA (EMC 107) y LN PIB (Miles \$).	20
Tabla - 10: Resultados de Correlación TPDA (EMC 107) y PIB (Miles \$).....	21
Tabla - 11: Tasas de Crecimiento Anual para Población.....	22
Tabla - 12: LN TPDA (EMC 107) y LN POB (Miles/Hab).	23
Tabla - 13: Resultados de Correlación TPDA (EMC 107) y POB (Miles/ Hab).	24
Tabla - 14 Tasa de Crecimiento Utilizando Datos TPDA.....	25
Tabla - 15 Tasa de Crecimiento Utilizando Datos PIB.....	25
Tabla - 16 Tasa de Crecimiento Utilizando Datos POB.....	26
Tabla - 17:Consolidado de las Tasas de Crecimiento Calculadas (TPDA, PIB, POB). ...	26
Tabla - 18:Comparativa de Tasas de Crecimiento Calculada con Registro Histórico.	26
Tabla - 19: Período de Diseño (N).....	27
Tabla - 20: Factor de Distribución por Dirección (FD).....	28
Tabla - 21: Factor de Distribución por Carril (FC).....	29
Tabla - 22: Tránsito de Diseño.....	29
Tabla - 23: Factores de ejes Kips a Interpolar.....	31
Tabla-24: Calculo del factor Equivalente de Carga Según la Clasificación vehicular.....	32
Tabla-25: Calculo de factores Equivalente de Carga para Ejes Simples.	33
Tabla-26: Calculo de factores Equivalente de Carga para Ejes Tandem.....	33

Tabla - 27: Cálculo ESAL'S del Carril de Diseño.	35
Tabla 28: Ensayos de Laboratorio.....	37
Tabla 29: Sondeos efectuados.....	38
Tabla 30: Resumen de Sondeos Realizados (Est0+000, Est 0+400).	44
Tabla 31: Resumen de Sondeos Realizados (Est0+500, Est 1+000).	45
Tabla 32: Muestras de la Sub Rasante Seleccionadas para Cálculo de CBR.	46
Tabla 33: Bancos de Préstamo Identificados.	47
Tabla 34: Bancos de Préstamo Identificados.	47
Tabla 35: Resultados de Laboratorio de Bancos de Materiales.....	49
Tabla 36: Especificaciones de Materiales para Base Granular.....	50
Tabla 37: Especificaciones de Materiales para Sub-base Granular.....	51
Tabla 38: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño.	52
Tabla 39: Valores para determinar CBR de Diseño.....	53
Tabla 40: Porcentaje de ejes equivalentes.....	56
Tabla 41: Niveles de Confiabilidad R en Función del tipo de Carretera.	57
Tabla 42: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.....	57
Tabla 43: Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio.	58
Tabla 44: Escala serviciabilidad.	58
Tabla 45: Factores de Serviciabilidad.	59
Tabla 46: Capacidad del drenaje para remover la humedad.	60
Tabla 47: Coeficiente de drenaje para Pavimentos Rígidos.	60
Tabla 48: Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para subrasante.....	61
Tabla 49: Valores de Coeficiente de transmisión de carga (J).....	62
Tabla 50: Valores Típicos de Factores de Pérdida de Soporte.....	66
Tabla 51: Espesores de Diseño.	71
Tabla 52: Datos Para Utilizar en WinPAS.	72
Tabla 53: Dimensiones de tablero.....	75
Tabla 54: Resumen de especificaciones para colocación de juntas.	77
Tabla 55: Recomendaciones de espaciamiento máximo para barras de amarre.....	78
Tabla 56: Diámetro y longitudes recomendadas en pasajuntas.	78
Tabla 57: Características de Sub- cuencas Cunetas.	82
Tabla 58: Características de Sub- cuencas Badenes.	83
Tabla 59: Periodo de Retorno (PR) por tipo de Obra.....	84
Tabla 60: Valores de Sc para Cunetas.....	84
Tabla 61: Valores de Sc para Badenes.....	85
Tabla 62: Coeficiente de escorrentía (C).....	85
Tabla 63: Coeficiente de Escorrentía por tipo de Obra de Drenaje.....	86
Tabla 64: Valores de Tc para Cunetas.....	87
Tabla 65: Valores de Tc para Badén.....	87
Tabla 66: Valores a utilizar de A, d y b.....	88
Tabla 67: Cálculo de Intensidades y Caudales para Cunetas.	89
Tabla 68: Cálculo de Intensidades y Caudales para Badenes.....	89
Tabla 69: Coeficientes de rugosidad (n).....	90

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Ubicación del punto de conteo vehicular.	6
Imagen 2: Ubicación Geográfica de las Estaciones de Mayor Cobertura.	13
Imagen 3: Tipo de Soporte Lateral Propuesto.	63
Imagen 4: Estructura de pavimento Rígido.	71
Imagen 5: Interfaz del programa WinPAS 10.	72
Imagen 6: Tipo de Pavimento a Diseñar.	73
Imagen 7: Introducción de Datos de Diseño.	73
Imagen 8: Espesor requerido (D) Según WinPAS.	74
Imagen 9: Relación entre largo y ancho de un tablero de losa.	76
Imagen 10: Dimensionamientos de las pasajuntas.	79
Imagen 11: Dimensionamientos de la losa y sus elementos.	79
Imagen 12: Subcuenca Identificadas (Cunetas, Est. 0+000 – 0+615).	81
Imagen 13: Subcuenca Identificadas (Cunetas, Est. 0+615 – 1+000).	81
Imagen 14: Subcuenca Identificadas (Badenes, Est. 0+000 – 0+615).	82
Imagen 15: Subcuenca Identificadas (Badenes, Est. 0+615 – 1+000).	83
Imagen 16: Cuneta SC-1.	90
Imagen 17: Cuneta SC-2.	91
Imagen 18: Cuneta SC-3.	91
Imagen 19: Cuneta SC-4.	91
Imagen 20: Cuneta SC-5.	92
Imagen 21: Cuneta SC-6.	92
Imagen 22: Cuneta SC-7.	92
Imagen 23: Cuneta SC-8.	92
Imagen 24: Cuneta SC-9.	93
Imagen 25: Cuneta SC-10.	93
Imagen 26: Cuneta SC-11.	93
Imagen 27: Cuneta SC-12.	94
Imagen 28: Cuneta SC-13.	94
Imagen 29: Cuneta SC-14.	94
Imagen 30: Cuneta SC-15.	95
Imagen 31: Cuneta SC-16.	95
Imagen 32: Cuneta SC-17.	95
Imagen 33: Drenaje Lateral (Bordillo Integrado).	96
Imagen 34: Badén SC-18.	97
Imagen 35: Badén SC-19.	97
Imagen 36: Badén SC-20.	98
Imagen 37: Badén SC-21.	98
Imagen 38: Badén SC-22.	98
Imagen 39: Badén SC-23.	98
Imagen 40: Badén SC-24.	99
Imagen 41: Badén SC-25.	99
Imagen 42: Badén SC-26.	100
Imagen 43: Badén SC-27.	100
Imagen 44: Badén SC-28.	100
Imagen 45: Badén SC-29.	101
Imagen 46: Badén SC-30.	101
Imagen 47: Badén Típico Urbano Propuesto.	101

CAPITULO I GENERALIDADES

2018



1.1. INTRODUCCIÓN.

Este documento considerará la teoría y metodología para luego realizar el diseño de 1000 metros lineales de calles ubicado en el Municipio de Estelí, el cual está situado en la región Las Segovias a 144 kilómetros de la capital Managua, localizado en las coordenadas geográficas 13°05'00" Norte y 86°21'00" Oeste. **(Ver Anexos Imagen 48 pág. I)**

Según el informe 2017 del plan de desarrollo urbano de la alcaldía de Estelí, la red vial de esta ciudad está conformada por 169.84 kilómetros lineales de calles y avenidas, 12.4 kilómetros corresponden a vías con Asfalto, 45.44 kilómetros vías con Adoquín, y 112 kilómetros de rodamiento de Macadán.

El tramo en estudio se ubica en el distrito dos de la ciudad de Estelí, específicamente en el lomerío del Este, Es una red vial de significativa importancia como acceso principal del transporte público tanto a Barrios aledaños como a la carretera panamericana, además que en este sector se ubican diversos comercios, instituciones y el Recinto Universitario Upoli-Estelí, por lo cual se amerita que esté presente una estructura de pavimento óptima. El tramo de calles a abordar está clasificado como una vía colectora Sub-urbana. **(Ver Anexos Imagen 49-50 pág. II).**

La metodología que se empleará es el método AASHTO-93, ya que éste considera las cargas a las que está expuesta la estructura de pavimento debido al tráfico que circula por ella, cabe mencionar que dicho diseño deberá cumplir con los criterios y especificaciones a utilizar en este trabajo, se basará en la recopilación de datos de campo para los estudios de suelos.

El diseño deberá cumplir con los criterios y especificaciones de la NIC-2000, el cual aporta elementos técnicos que se debe de tomar en cuenta para realizar proyectos de construcción con mayor durabilidad y comodidad de los usuarios de rodadura de carreteras, para una mejor seguridad y comodidad de los usuarios.

1.2 ANTECEDENTES.

El Barrio Santo Domingo del Municipio Estelí, fue fundado afínales del año 1,999 la apertura de sus calles fue a principio de 1,997, posteriormente en el 2000 periodo de gobierno del exalcalde Ing. David Valdivia, se realizaron los primeros mantenimientos de la carpeta de rodamiento con material selecto (Macadán).

En febrero del año 2002, ENACAL realizó trabajos de excavación en todas las calles de este barrio, para instalar tuberías de aguas negras y agua potable.

A principios del año 2004 en el período de gobierno municipal del exalcalde Lic. Francisco Valenzuela Blandón ante las exigencias de la población de este Barrio, se dispuso a realizar la construcción de obras de drenaje menor la cual contemplaba la construcción de 2,000 metros lineales de cunetas de concreto, y la construcción de 8 Badenes sin embargo este proyecto no abarco el tramo de calles en estudio.

Actualmente la vía no cuenta con una buena carpeta de rodamiento y no posee drenaje funcional que permita el manejo adecuado de las corrientes el cual es indispensable para los procesos de captación, conducción, y evacuación de los mismos, lo que ocasionan el deterioro prematuro de la infraestructura vial lo cual eleva los costos de operación vehicular, tanto para el transporte privado como el Transporte público, y además aumenta los tiempos de viaje.

El deterioro de las vías de comunicación se produce por diversas causas, principalmente por las lluvias intensas, la falta de mantenimiento, inexistencia de obras de drenaje en el tramo en análisis y otros eventos que son provocados por la acción del hombre o por alteraciones ambientales.

El aumento del número de fallas, como cárcavas, baches y zanjas en la vía a causa de las lluvias ha ocasionado que no exista un buen flujo vehicular poniendo en riesgo la calidad y comodidad del mismo. **(Ver anexos, Fotos 1-6, págs. III-V).**

1.3 JUSTIFICACION.

El tramo en análisis ubicado en el Barrio Santo Domingo, es una vía de gran importancia este cuenta con varios comercios, negocios familiares, centros educativos y universidades, actualmente la vía presenta una superficie de rodamiento con material de revestimiento selecto, efectuado por la alcaldía en el año 2012, la cual se encuentra deteriorada e incide de manera negativa en el desarrollo económico y social del lugar.

Uno de los principales problemas ha sido la falta de mantenimiento e inexistencia de obras de drenaje que sirvan para la captación y evacuación del agua durante los periodos de invierno.

En la zona del tramo existe una problemática constante de flujo torrencial, esta provoca inundaciones en la época de lluvias, los principales barrios que se ven afectados son Santo Domingo, Villa Esperanza, así como la Universidad UPOLI e indirectamente el José Benito Escobar. Estos barrios bordean el cerro La Guanábana y el cerro Las Animas. Si bien la Municipalidad tiene presente la problemática del tramo, no posee los fondos suficientes para diseñar una estructura adecuada para este proyecto.

De aquí surge la iniciativa de contribuir directamente con la alcaldía al proporcionar un diseño de la estructura de pavimento rígido (concreto hidráulico) mediante el método de la AASHTO-93, que servirá de apoyo, para la gestión de fondos.

Al ejecutarse este proyecto se estará contribuyendo a crear las condiciones necesarias para garantizar una servicialidad adecuada y mejorar el desarrollo económico de la población, se facilitará la circulación vehicular, peatonal, reducción en tiempos de viaje, y se beneficiará a una población directa de 3,120 habitantes, e indirectamente a 1,680 habitantes de las Barrios aledaños, de diferentes estratos sociales, económicos y culturales.

1. 4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivos General.

- Diseñar la estructura de pavimento rígido y drenaje menor de 1,000 metros lineales de calles, del Barrio Santo Domingo, ubicado en el municipio de Estelí, por el método de la AASHTO-93.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Analizar el comportamiento del tránsito en el área de influencia mediante un conteo vehicular, con la finalidad de calcular el TPDA y cuantificar las cargas que circulan sobre el carril de diseño.
- Analizar el estudio de suelo a lo largo del tramo y de los posibles bancos de materiales para determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento rígido, aplicando el método de la AASHTO-93 empleando los nomogramas y Software WinPAS (1.0.4).
- Realizar un estudio hidrológico de las sub-cuencas del sitio para la evaluación y diseño hidráulico de obras de drenaje menor.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁNSITO

2018



2. 1 Generalidades.

En este capítulo se realizó la proyección del tráfico actual de la vía, obtenido mediante un aforo vehicular, el cual se proyecta para 20 años. Tomando en cuenta que el tráfico es uno de los aspectos más significativos a considerar para el diseño de pavimentos y es a su vez una de las variables que presenta mayor incertidumbre al momento de estimarse, por lo tanto, se debe de contar con la información más precisa posible del tráfico para realizar el diseño, y obtener resultados seguros.

2. 2 Metodología.

En este estudio de tráfico se contemplan tres etapas claramente definidas:

2. 2. 1 Recopilación de datos.

Se realizó por medio de Conteos Vehicular, que consiste en medir el volumen de tráfico que transita durante un periodo de tiempo equivalente a 12 horas diurnas. La recolección de datos se realizó durante 7 días, una semana, en las fechas del 07 hasta el 13 de mayo del año 2018 (lunes hasta el domingo) a fin de evaluar las condiciones de tráfico normales, basándonos para esto en la Tipología y Descripción Vehicular que brinda la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2016. **(Ver Anexos (Tabla 70), pág. VI).**

2. 2. 2 Procesamiento de Datos.

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual procesamos la información obtenida mediante Software Microsoft Excel, para obtener los mejores resultados, basándonos para esto en la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte año 2016.

2. 2. 3 Análisis de la información obtenida.

En este proceso se usó los criterios para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos.

2. 2. 4. Ubicación de la Estación de Aforo Vehicular.

Se decidió escoger una sola estación de aforo vehicular, la cual se ubicó al inicio del tramo en la estación 0+000, ya que esta vía se usa como alterna para salir a la carretera panamericana, además sirve como ruta del transporte público de los barrios colindantes. A continuación, se muestra la ubicación en la siguiente imagen:

Imagen- 1: Ubicación del punto de conteo vehicular.



Fuente: Google Earth.

2. 2. 5. Periodo de aforo de tránsito.

El conteo volumétrico se realizó de forma manual, ubicando dos aforadores en la estación 0+000, la campaña de levantamiento de datos tuvo un periodo de 7 días de 12 horas diurnas. Los conteos volumétricos de tráfico se realizaron por conteo manual de los vehículos en ambas direcciones, clasificados por tipo de vehículos (motocicletas, automóviles, jeep, camionetas, autobuses, camiones de dos y tres ejes), (**Ver Anexos, Tabla 71-77, págs. VII-X**).

Tabla - 1 : Aforo Vehicular.

Tramo 1000 metros lineales – Barrio Santo Domingo-Departamento de Estelí	
Estación	0+000
Horas	12 horas (6:00 am – 6:00 pm)
Sentido	Ambos Sentidos
Duración	7 días
Aforo Inicial	Lunes 07 de Mayo de 2018
Aforo Final	Domingo 13 de Mayo de 2018

Fuente: Sustentantes.

2. 2. 6. Clasificación de vehículos.

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan a través de la infraestructura vial en el país (**Ver Anexos, Tabla 83, pág. XIV**)

2. 2. 7. Tipos de vehículos.

La hoja de clasificación vehicular usada por el MTI, está compuesta por 17 tipos de vehículos, los cuales se mencionan a continuación:

- Motocicleta
- Automóviles
- Jeep
- Camioneta
- Microbus
- Minibus
- Bus
- Liviano de carga
- Camion rígido sencillo, 2 ejes
- Camion rígido sencillo, 3 ejes
- Camión de carga Tx –Sx-<4
- Camión de carga Tx –Sx->5
- Camión combinado Cx –Rx-<4
- Camión combinado Cx –Rx->5
- Vehículo agrícola (tractor)
- Vehículo de construcción (niveladora)
- Otro (remolque halado por un vehículo liviano)

Para el levantamiento de la información de campo fue necesario tener en cuenta las características de los vehículos y agruparlos en cuatro categorías:

Motocicletas: Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados con o sin transporte, esta categoría incluye scooter, motonetas, moto carros, cuadra ciclos y otros triciclos a motor. (MTI, 2016)

Vehículos livianos: Son vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, automóviles, camionetas y microbuses de uso personal.

Vehículos pesados de pasajeros: Son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (hasta de 15 pasajeros y microbuses medianos de 25 pasajeros y los buses medianos y grandes).

Vehículos pesados de cargas: Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en 2, 3, 4, 5 y más ejes, estos vehículos incluyen los camiones de dos ejes (C2), camiones C3, C2R2 y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos T3S2 y T3S3 y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción. (MTI, 2016)

2. 2. 8. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura.

2. 2. 9 Clasificación de ejes

Los ejes se clasifican en sencillo, tándem y tridem.

2.2.9.1 Eje sencillo

Es un eje en cuyos extremos lleva una o dos ruedas sencillas.

2.2.9.2 Eje tándem

Es aquel constituido por dos ejes sencillos con rueda doble en los extremos.

2.2.9.3 Ejes tridem

Es aquel constituido por tres ejes sencillos con rueda doble en los extremos.

Pesos permisibles por tipos de vehículos

El Ministerio de Transporte e Infraestructura, ha designado los siguientes pesos en dependencia del tipo de vehículo, los cuales se muestran el Diagrama de Cargas Permisibles (**Ver Anexos, Tabla 84-85, pág. XV**).

2. 2. 10. Digitalización y control de calidad.

Una vez concluidas las labores de campo se procede a revisar cada hoja de campo, para realizar los totales de cada casilla, controlar que cada hoja estuviese debidamente identificada. Una vez revisada se pasa al proceso de digitalización de las boletas. La digitalización se realiza en una hoja de Excel que se utiliza como base de datos primaria, esta hoja electrónica posteriormente será utilizada en el proceso del cálculo del TPDA.

2. 2. 11. Resultados de los aforos de tránsito.

Para el tramo de calles Barrio Santo Domingo Departamento Estelí se contabilizo la información de los aforos, de la cual se obtuvo el volumen de tráfico por día. A Continuación, se muestran los Conteos de Tráfico de los 7 Días consecutivos, así como el promedio Volumen Horario de Máxima Demanda por día en consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio.

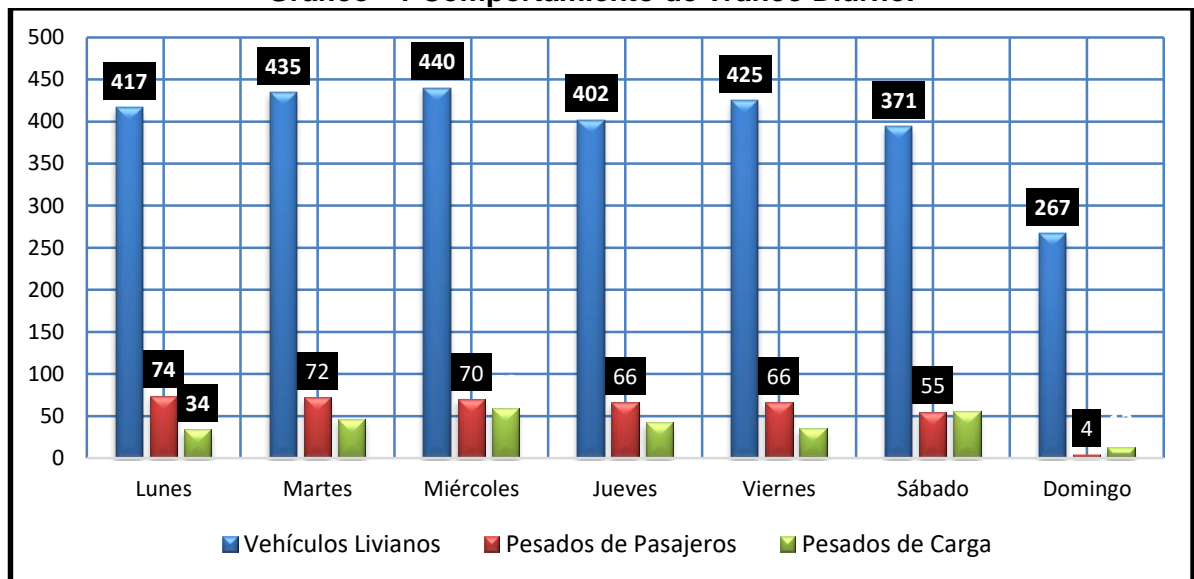
Tabla - 2: Aforo Vehicular 7 Días/ Amos Sentidos.

Tramo de 1000 metros lineales - Barrio Santo Domingo -Departamento -Estelí							
HORA / SENTIDO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
6-7	32	33	22	35	22	26	25
7-8	36	29	22	34	30	34	10
8-9	25	19	37	19	31	27	21
9-10	31	44	30	31	30	19	30
10-11	30	31	35	38	40	19	23
11-12	34	30	26	46	37	29	26
12-1	39	48	43	45	40	44	17
1-2	36	38	44	17	48	21	26
2-3	37	21	39	20	30	35	20
3-4	34	56	46	39	25	43	19
4-5	41	35	39	34	39	25	25
5-6	42	51	57	44	53	49	25
Volumen Diurno (Veh/12 horas)	417 Vehículos	435 Vehículos	440 Vehículos	402 Vehículos	425 Vehículos	371 Vehículos	267 Vehículos

Fuente: Sustentantes.

Una vez realizado el conteo vehicular de tráfico durante los 7 días consecutivos 12 horas desde el día (lunes 07 de mayo hasta el domingo 13 mayo del 2018), se puede apreciar el comportamiento del tramo de calles en análisis, este presenta un bajo volumen de tránsito, ya que su flujo diurno de 12 horas es menor a 500 vehículos por día. Como se aprecia en el (**Gráfico-1**), el día que se registró un flujo vehicular más alto fue el martes, miércoles y con menor demanda el sábado y domingo.

Gráfico - 1 Comportamiento de Tráfico Diurno.



Fuente: Sustentantes.

2. 2. 12. Determinación del Tránsito Promedio Diurno (TPDiS).

Para la cuantificación del tránsito promedio diurno, se realizó un aforo vehicular, con un período de 12 horas continuas por día. Para obtener el Tráfico Promedio Diurno fue necesario aplicar la **ecuación – 1**:

$$TPDiS = \frac{Total\ Diurno}{N} \quad (Ecuación. 1)$$

Dónde:

TPDiS: Tránsito Promedio Diurno Semanal (12 horas).

N: es el total de días del aforo (7 días).

Los resultados del tránsito en ambos sentidos se muestran en la Tabla siguiente:

Los resultados del tránsito en ambos sentidos del tramo de calles Barrio Santo Domingo Departamento de Estelí se muestran en la Tabla siguiente:

Tabla - 3: Tráfico Promedio Diurno de 12 horas por Tipo de Vehículo.

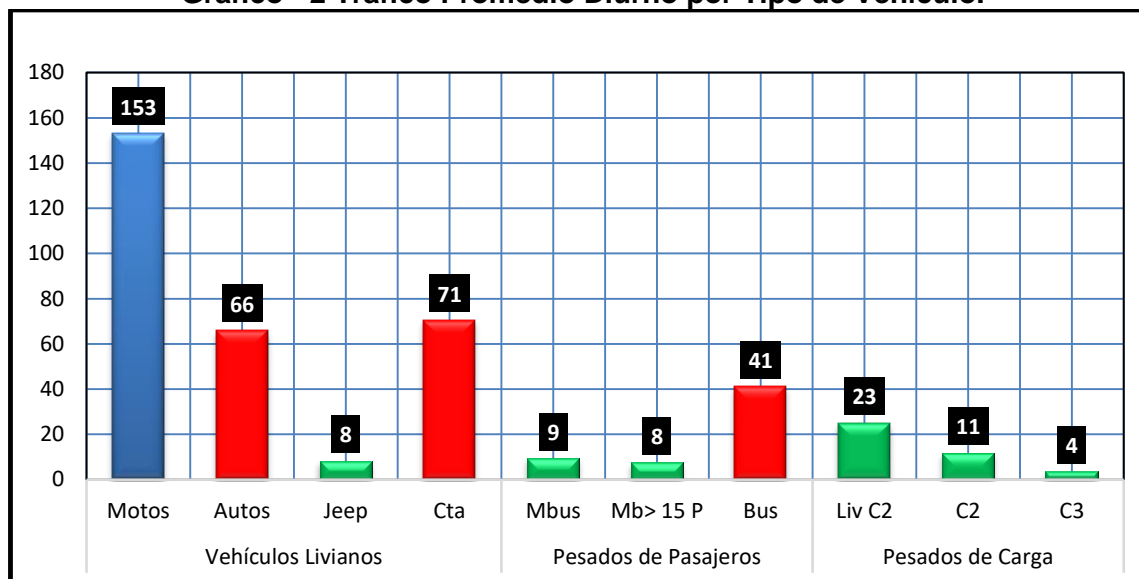
Estación 0+000 Consolidado del Conteo Vehicular/ Ambos Sentidos											
Tipo de Veh.	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			TOTAL
Día	Moto	Auto	Jeep	Cta	Mb< 15 P	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
Lunes	167	77	16	49	16	10	48	18	13	3	417
Martes	174	74	4	65	14	10	48	28	13	5	435
Miércoles	181	52	7	71	12	10	48	43	14	2	440
Jueves	155	48	19	72	8	10	48	18	16	8	402
Viernes	140	101	6	77	8	10	48	26	5	4	425
Sábado	131	68	4	80	6	1	48	18	11	4	371
Domingo	125	43	2	80	2	2	0	11	2	0	267
Total Diurno	1073	463	58	494	66	53	288	162	74	26	2757
TPDiS (12 horas)	153	66	8	71	9	8	41	23	11	4	394

Fuente: Sustentantes.

En la **Tabla -3** podemos observar el consolidado del conteo vehicular efectuado durante una semana (7 días), así mismo se puede apreciar el comportamiento del tránsito promedio diurno, obtenido de la división del total diurno entre el número de días en el cual se realizó el aforo vehicular, obteniendo así un TPDiS promedio de **394** vehículos.

Posterior se realizó un gráfico con los datos del conteo vehicular para poder apreciar de manera más puntual y representativa el comportamiento del tránsito promedio Diurno (12 horas) por tipo de vehículos de acuerdo con su clasificación vehicular, en el **(Gráfico-2 pág. 12)** se puede notar la prevalencia de vehículos Livianos entre ellos las motos, en segundo orden las camionetas y en tercer orden los autos, luego tenemos los vehículos de pasajeros bus, micro bus, mb>15p, por ultimo tenemos a los vehículos pesado entre ellos camiones C2 Liv, C2, C3.

Gráfico - 2 Tráfico Promedio Diurno por Tipo de Vehículo.



Fuente: Sustentantes.

En vista que los datos recolectados son una muestra representativa de un periodo de conteo de 7 días consecutivos, es necesario estimar el TPDA, para ello se utilizan los factores de ajustes diario y expansión de una estación permanente más próxima a la zona del proyecto.

2. 3. Calculo del Transito Promedio Anual (TPDA).

Es la unidad de medida habitual para indicar el uso o importancia de una carretera y se expresa en número de vehículos. Debido a que los conteos se realizaron en horas diurnas (de 06:00 am a 06:00 pm), es necesario expandir los resultados utilizando el factor día (Expansión de 12 horas a 24 horas), al hacer esto se obtiene un tránsito promedio diario semanal de 24 horas, ya que se hizo un conteo de una semana, a la vez este se expande a TPDA utilizando el factor expansión. Para calcular el tráfico promedio diario anual, se determina con la siguiente expresión matemática:

$$TPDA = TPDiS_{12H} * FD * FE \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Dónde:

TPDiS_{12 horas} = Tráfico Promedio Diurno Semanal.

FD= Factor día (Expansión de 12 horas a 24 horas).

FE= Factor Expansión (Expansión a TPDA).

Se consultó la revista anuario de tráfico del año 2016, encontrando que existe una estación de corta duración (ECD), ubicada cerca del tramo en estudio la Estación ECD N° 110 (Estelí-Cóndega), ya que no se encontró factores de expansión asociados a ella, se utilizara para expandir los datos levantados en campo, los factores Ajuste de la Estación de Mayor Cobertura más cercana que es la Estación EMC N° 107 (Sébaco- Empalme San Isidro). Se trabajará con los factores 2016 del segundo cuatrimestre ya que nuestro conteo corresponde a esa época del año ya que el aforo vehicular se realizó del 07 de mayo al 13 de mayo año 2018. En la **Tabla - 4** se muestra los factores a utilizar:

Imagen 2: Ubicación Geográfica de las Estaciones de Mayor Cobertura.



Fuente: Anuario de Aforos de tráfico (MTI) 2016.

Tabla - 4: Factores del Segundo Cuatrimestre del Año (Mayo - Agosto EMC 107).

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>=5	Cx- Rx<=4	Cx- Rx>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.23	1.33	1.21	1.25	1.21	1.50	1.18	1.30	1.45	1.37	1.00	1.66	1.00	1.00	1.08	1.00	1.14
Factor Semana	0.99	1.02	0.99	0.95	0.94	1.29	0.99	0.88	0.88	0.85	1.00	0.93	1.00	1.00	0.78	1.00	0.92
Factor Fin de Semana	1.03	0.95	1.03	1.14	1.19	0.64	1.04	1.52	1.53	1.78	1.00	1.23	1.00	1.00	3.50	1.00	1.30
Factor Expansión a TPDA	1.04	0.99	1.08	1.03	1.02	1.16	1.02	0.97	1.07	1.02	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	0.89

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2016,MTI– DAV, pág.251.

Tabla - 5: Tráfico Promedio Diario.

Tipo Veh.	Vehículos Livianos				Veh Pesados de Pasajeros			Vehículos de Carga			Total
Factor	Moto	Auto	Jeep	Cta	Mb< 15 P	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
TPDiS _{12hrs}	153	66	8	71	9	8	41	23	11	4	394
FD	1.23	1.33	1.21	1.25	1.21	1.50	1.18	1.30	1.45	1.37	
FE	1.04	1.04	0.94	1.01	1.06	1.00	1.02	0.97	1.07	1.02	
TPDA	197	92	10	90	13	12	50	30	17	6	517
% TPDA	38.1%	17.8%	1.93%	17.41%	2.51%	2.32%	9.67%	5.8%	3.29%	1.16%	38.1%
	75.2 % Vehículos Livianos				14.5 % Vehículos de Pasajeros			10.3 % Vehículos de Carga			

Fuente: Sustentantes.

Dónde:

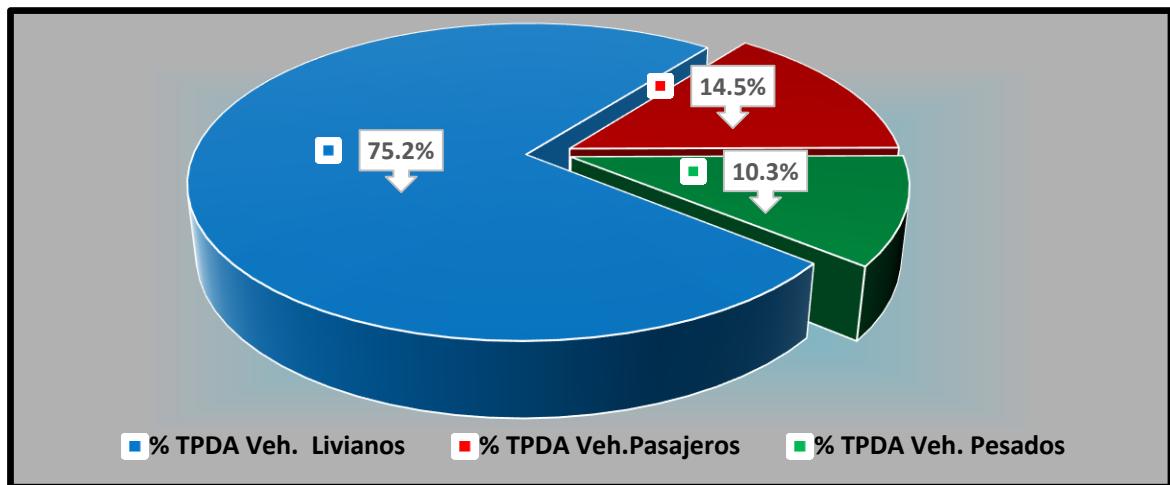
TPDiS_{12 horas} = Tráfico Promedio Diurno Semanal.

FD= Factor Día (Expansión de 12 horas a 24 horas).

FE= Factor Expansión (Expansión a TPDA).

TPDA= Trafico Promedio Diario Anual.

Gráfico - 3 Composición Vehicular.



Fuente: Sustentantes

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra, la cual está conformada por vehículos livianos 75.2%, vehículos de pasajeros 14.5%, vehículos pesados 10.3%.

2. 4. Determinación de las Tasas de Crecimiento.

Para determinar las tasas de crecimiento para el tráfico vehicular futuro para el tramo Santo Domingo Estelí, se realizaron correlaciones entre los registros históricos del tránsito promedio diario anual (TPDA) y el producto interno bruto (PIB), así como con la población (POB), a fin de estimar una tasa diferenciada de crecimiento basado en datos históricos. **(Ver Anexos, Tabla 78, pág. X).**

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, y del Anuario de aforo del MTI se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del Producto interno Bruto (PIB), TPDA y población de los últimos 15 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2002 al año 2016 **(Ver Tabla 6).**

Tabla - 6: Registros históricos del PIB, TPDA y Población.

AÑO	TPDA EMC 107	TPDA ECD 110	Producto Interno bruto (Miles \$)	Población (Miles de habitantes)
2002	3272		5224	5,245
2003	3428		5322	5,313
2004	3622	2195.0	5796	5,381
2005	3405		6321	5,450
2006	3272		6786	5,638
2007	3849	2334.0	7458	5,708
2008	3853	2508.0	8491	5,779
2009	4092		8381	5,851
2010	4101	2574.0	8741	5,923
2011	4334		9756	5,997
2012	4517	2629.0	10533	6,071
2013	4843		10983	6,134
2014	4954		11880	6,198
2015	5350	4294.0	12748	6,263
2016	5994	4537.0	13230	6,328

Fuente: Banco Central de Nicaragua (Informe Anual 2016).

2. 4. 1. Correlación de datos para la ECD 110 y EMC 107.

Para realizar la correlación a continuación se presenta los datos históricos del tránsito promedio diario anual (TPDA), de la Estación de Corta Duración más cercana al tramo la ECD N°110 (Estelí- Cóndega) y de la Estación de Mayor Cobertura cercana al tramo la EMC N°107 (Sébaco empalme San Isidro). **(Ver Anexos, Tabla 79-80, pág. XI).**

Las tasas de crecimiento interanual de los últimos 15 años se calcularon usando la **ecuación N° 3**:

$$TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n-1}} \right) - 1 \right] * 100 \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n- 1: Año anterior.

Tabla - 7: Tasas de Crecimiento Anual para la ECD 110 y la EMC 107.

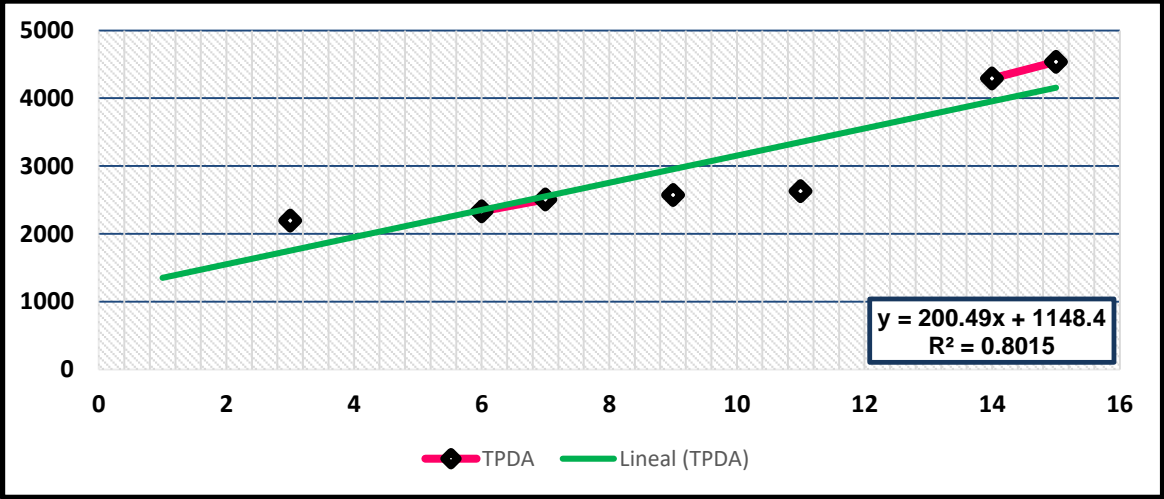
AÑO	TPDA ECD 110	TC	TPDA EMC 107	TC
2002			3272	
2003			3428	4.77%
2004	2195.0		3622	5.66%
2005			3405	-5.99%
2006			3849	13.04%
2007	2334.0	6.33%	3853	0.10%
2008	2508.0	7.46%	4092	6.20%
2009			4101	0.22%
2010	2574.0	2.63%	4334	5.68%
2011			4517	4.22%
2012	2629.0	2.14%	4843	7.22%
2013			4954	2.29%
2014			5350	7.99%
2015	4294.0	63.33%	5994	12.04%
2016	4537.0	5.66%	6935	15.70%
Promedio	3,010	14.59%	4,437	5.65%

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2016,MTI- DAV.

En la **Tabla-7** podemos analizar los registros históricos de la estación de corta duración Estelí -Cóndega (**ECD-110**) la cual en varios de los años este no presenta registros, lo cual indica que durante esos años no se realizó conteos vehiculares por lo cual hay cierta incertidumbre con respecto a la confiabilidad de dicha estación con una tasa de crecimiento promedio de **14.59%**.

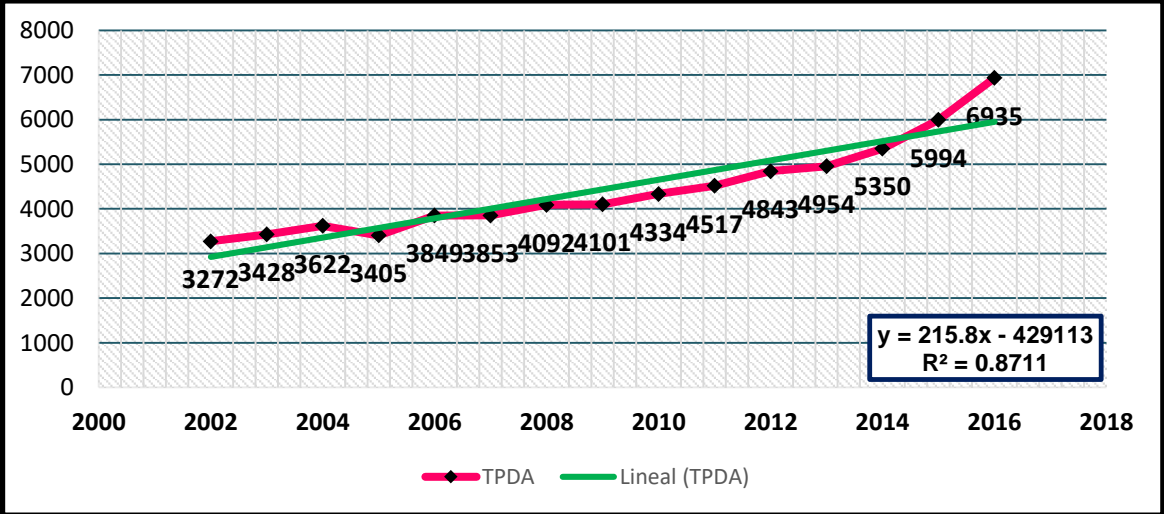
En cambio, considerando los registros históricos de la **Est. 107 (EMC)** Empalme Sébaco -San Isidro, se puede apreciar que los mismos han experimentado crecimientos importantes durante los últimos años. Al inicio de periodo se cuentan con crecimientos moderados, hasta llegar al año 2015 y 2016 que se encuentra con una TPDA mucho mayor a los anteriores, elevando su tasa de crecimiento promedio en un **5.65%**. Posterior se realizaron correlaciones de acuerdo con sus registros históricos, para comprobar la confiabilidad que presentan las dos estaciones utilizadas ver a continuación.

Gráfico - 4 Correlación TPDA de la Estación ECD 110.



Fuente: Sustentantes.

Gráfico - 5 Correlación TPDA de la Estación EMC 107.



Fuente: Sustentantes.

En el **Gráfico-4** para la **Estacion ECD N° 110** de corta duracion mas cercana, se puede observar que no posee registros suficientes y continuos, lo cual indica que no existe una buena correlacion de las variables, el valor R^2 (coeficiente de determinacin) resultante es de **0.8015**.

En el **Gráfico-5** para la **Estacion EMC N° 107** de mayor cobertura, existe una buena correlacion de las variables, ya que en este caso podemos observar que hay una continuidad de los datos a lo largo de los años, el valor R^2 en este caso es mayor a 0.75, lo que se considera como una estacion confiable, el valor R^2 (coeficiente de determinacin) resultante es de **0.8711**.

2. 4. 2. Correlación de datos entre EMC N° 107 y Producto Interno Bruto.

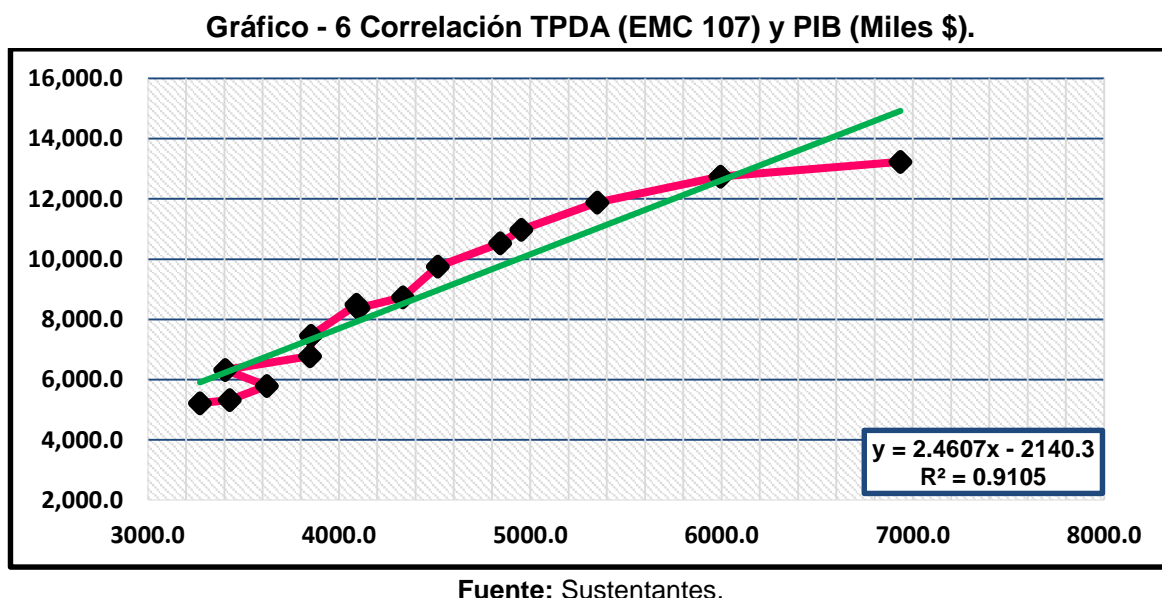
Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del PIB de los últimos 15 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2002 al año 2016. El PIB promedio de 8, 776.7 \$ Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 6.93%. Las tasas de crecimiento interanual de los últimos 15 años se calcularon usando la **ecuación N° 3**.

Tabla - 8: Tasas de Crecimiento Anual para PIB.

AÑO	TPDA EMC 107	PIB (Miles \$)	Tasa Crecimiento Anual (PIB)
2002	3272	5,224	
2003	3428	5,322	1.88%
2004	3622	5,796	8.91%
2005	3405	6,321	9.06%
2006	3849	6,786	7.36%
2007	3853	7,458	9.90%
2008	4092	8,491	13.85%
2009	4101	8,381	-1.30%
2010	4334	8,741	4.30%
2011	4517	9,756	11.60%
2012	4843	10,533	7.96%
2013	4954	10,983	4.28%
2014	5350	11,880	8.17%
2015	5994	12,748	7.30%
2016	6935	13,230	3.78%
Promedio	4,437 Veh/día	\$ 8,777	6.93%

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2016.

Se obtendrá la elasticidad de los indicadores como lo son TPDA de la estación de mayor cobertura N°107 y el producto interno bruto del país de los últimos 15 años. Estas variables serán sometidas a un estudio estadístico de correlación de variables, para determinar el grado de correlación entre ellas. **(Ver Gráfico -6 a continuación)**



Como se muestra en el **Gráfico-6** la correlación entre los datos de TPDA Vs PIB posee una buena correlación de variables, por lo cual la línea de tendencia presenta continuidad. En este caso se obtuvo un (coeficiente de determinación) R^2 de **0.9105** este presenta una elasticidad de **2.4607**

Luego se procede a mejorar la fórmula de R^2 (coeficiente de determinación) calculado, realizando el mismo procedimiento de correlación no sin antes aplicar Logaritmo Natural a los datos de la **Tabla-8**, con ellos se elaboran rectas de regresión y se calcula el coeficiente de correlación entre las variables en cuestión.

A continuación, se muestra en la **Tabla-9** el cálculo de los logaritmos naturales necesarios previo al cálculo de la correlación:

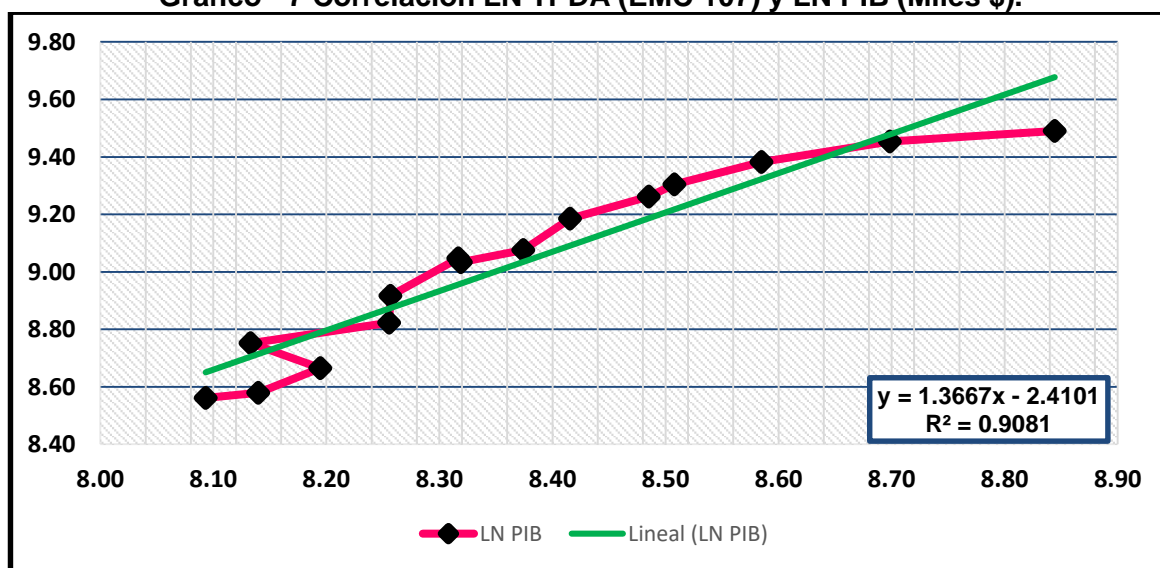
Tabla - 9: LN TPDA (EMC 107) y LN PIB (Miles \$).

AÑO	LN TPDA EMC 107	LN PIB (Miles \$)
2002	8.09	8.56
2003	8.14	8.58
2004	8.19	8.66
2005	8.13	8.75
2006	8.26	8.82
2007	8.26	8.92
2008	8.32	9.05
2009	8.32	9.03
2010	8.37	9.08
2011	8.42	9.19
2012	8.49	9.26
2013	8.51	9.30
2014	8.58	9.38
2015	8.70	9.45
2016	8.84	9.49

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2016.

A continuación, en el **Gráfico-7** se muestra el resultado de la correlación entre datos de la Tabla 9:

Gráfico - 7 Correlación LN TPDA (EMC 107) y LN PIB (Miles \$).



Fuente: Sustentantes.

La correlación de las variables LN TPDA (EMC-107) y LN PIB genera un coeficiente de determinación (R2) igual a **0.9081**.

Se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el R^2 (coeficiente de determinación) más alto. De la correlación de las variables **TPDA Vs PIB** y **LN TPDA Vs LN PIB** se obtiene lo siguiente:

Tabla - 10: Resultados de Correlación TPDA (EMC 107) y PIB (Miles \$).

Gráfico	Coeficiente R^2	Elasticidad	Elasticidad Escogida
Gráfico -6: TPDA Vs PIB	0.9105	2.4607	$y = 2.4607x - 2140.3$ $R^2 = 0.9105$ ELASTICIDAD ESCOGIDA
Gráfico -7: LN TPDA Vs LN PIB	0.9081	1.3667	

Fuente: Sustentantes.

Como se aprecia en la Tabla-10, se escoge la primera elasticidad porque el coeficiente de correlación R^2 es más alto, así que esta se utilizara para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos que mueven la producción hacia los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que los insumos para la producción.

2. 4. 3. Correlación de datos entre EMC 107 y Población (POB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del POB de los últimos 15 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2002 al año 2016.

El POB promedio es de 5,818.5 Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de **1.35%**. Las tasas de crecimiento interanual de los últimos 15 años se calcularon usando la **ecuación N° 3**.

El cuadro siguiente, presenta el comportamiento del TPDA Población, en el periodo 2002 -2016 y la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA con el POB de la Estación N 107 (Sébaco Empalme san Isidro). Ver siguiente tabla:

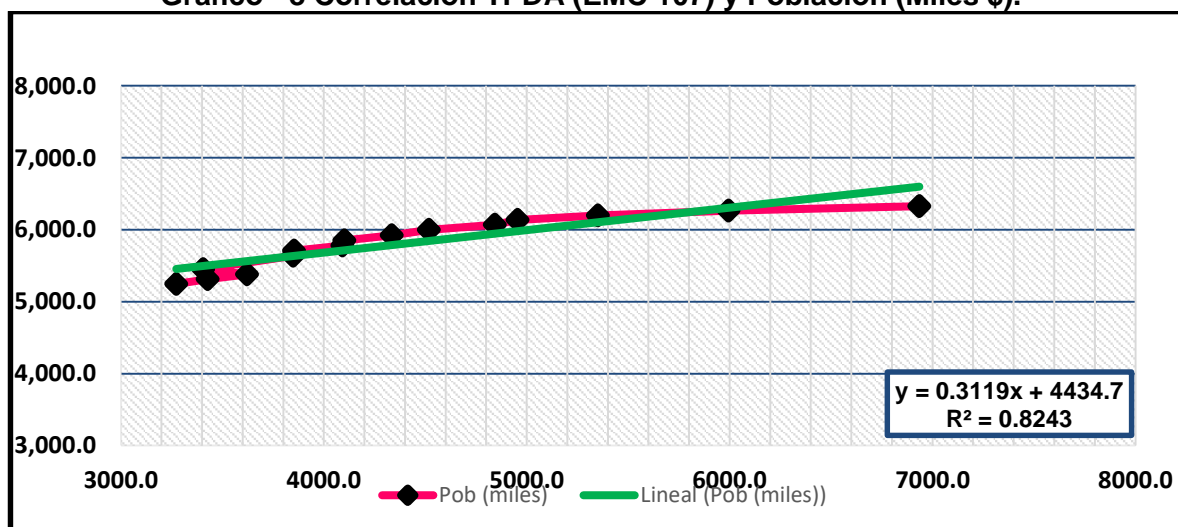
Tabla - 11: Tasas de Crecimiento Anual para Población.

AÑO	TPDA EMC 107	POB (Miles/hab)	Tasa Crecimiento Anual (POB)
2002	3272	5,245	
2003	3428	5,313	1.30%
2004	3622	5,381	1.28%
2005	3405	5,450	1.30%
2006	3849	5,638	3.44%
2007	3853	5,708	1.24%
2008	409 2	5,779	1.24%
2009	4101	5,851	1.24%
2010	4334	5,923	1.24%
2011	4517	5,997	1.24%
2012	4843	6,071	1.24%
2013	4954	6,134	1.04%
2014	5350	6,198	1.04%
2015	5994	6,263	1.04%
2016	6935	6,328	1.04%
Promedio	4,437 Veh/día	5,818.5 miles/hab	1.35%

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2016.

Estas variables de TPDA de la EMC 107 (Sébaco San Isidro) y de Población serán sometidas a un estudio estadístico de correlación de variables, para determinar el grado de correlación entre ellas, de forma que se establezca su crecimiento con los diferentes tipos de tráfico a los cuales se deben realizar proyecciones. A continuación, en el **Gráfico-8** se muestra el resultado de la correlación entre datos de la Tabla-11:

Gráfico - 8 Correlación TPDA (EMC 107) y Población (Miles \$).



Fuente: Sustainantes.

La correlación de las variables TPDA Vs POB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8243**.

A continuación, se muestra en el **Tabla -12** el cálculo de los logaritmos naturales necesarios previo al cálculo de la correlación:

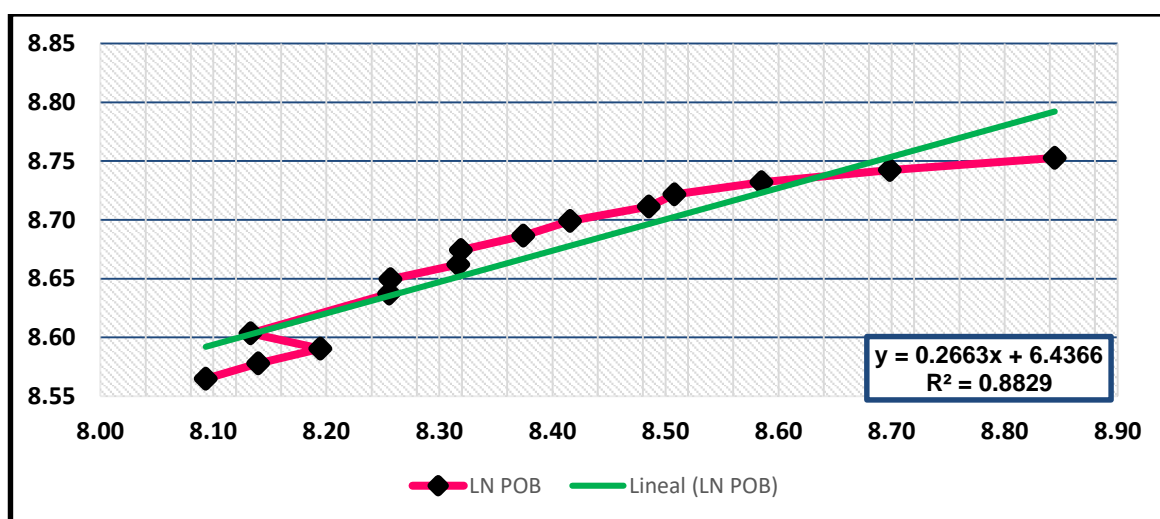
Tabla - 12: LN TPDA (EMC 107) y LN POB (Miles/Hab).

AÑO	LN TPDA EMC 107	LN Pob (Miles/hab)
2002	8.09	8.56
2003	8.14	8.58
2004	8.19	8.59
2005	8.13	8.60
2006	8.26	8.64
2007	8.26	8.65
2008	8.32	8.66
2009	8.32	8.67
2010	8.37	8.69
2011	8.42	8.70
2012	8.49	8.71
2013	8.51	8.72
2014	8.58	8.73
2015	8.70	8.74
2016	8.84	8.75

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2016.

En el **Gráfico-9** se muestra el resultado de la correlación entre datos del **cuadro-12**:

Gráfico - 9 Correlación LN TPDA (EMC 107) y LN Población (Miles \$).



Fuente: Sustentantes.

La correlación de las variables **LN TPDA Vs LN POB** genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8829**, se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el R^2 más alto de la correlación de las variables **TPDA Vs Población y LNTPDA LN POB** se obtiene lo siguiente:

Tabla - 13: Resultados de Correlación TPDA (EMC 107) y POB (Miles/ Hab).

Gráfico	Coeficiente R^2	Elasticidad	Elasticidad Escogida
Gráfico -8: TPDA Vs Pob	0.8243	0.3119	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $y = 0.2663x + 6.4366$ $R^2 = 0.8829$ </div> ELASTICIDAD ESCOGIDA
Gráfico -9: LN TPDA Vs LN Pob	0.8829	0.2663	

Fuente: Sustentantes.

Como se muestra en la **Tabla-13**, se escoge la segunda elasticidad porque el coeficiente de correlación (R^2) es más alto, así que esta se utilizara para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de pasajeros, que son los vehículos de transporte que mueven la mayor cantidad de población hacia los diferentes destinos (laborales, compras, estudios, recreativos y de otras índoles).

2. 4. 4. Calculo de Proyección de Tráfico.

Procedemos a calcular las tasas de crecimiento utilizando los datos históricos de TPDA, PIB, POB, para cada uno de ellos. El método más común para proyección de tráfico es la siguiente ecuación:

$$T_c = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{1/n} \right] - 1 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Dónde:

TPDA_i= Tráfico Promedio Diario Anual Actual

TPDA₀= Tráfico Promedio Diario Anual del año Base.

n= La diferencia de años

Aplicando la **ecuación N°4**:

✚ **Tasa de crecimiento Vehículos Livianos:** utilizando datos históricos de TPDA de EMC 107 (Sébaco San Isidro) de los últimos 15 años.

Tabla - 14 Tasa de Crecimiento Utilizando Datos TPDA.

Procedimiento aplicando ➡ (Ecuación 5)			
$T_c = \left[\left(\frac{6935}{3272} \right)^{1/15} \right] - 1$	$T_c = \left[(2.1195)^{1/15} \right] - 1$	$T_c = [1.05135] - 1$	$T_c = 0.05135 * 100 =$ 5.135%

Fuente: Sustentantes.

✚ **Tasa de crecimiento Vehículos de Carga:** utilizando datos históricos de PIB de los últimos 15 años.

Tabla - 15 Tasa de Crecimiento Utilizando Datos PIB.

Procedimiento aplicando ➡ (Ecuación 6)			
$T_c = \left[\left(\frac{13,230.1}{5,224.0} \right)^{1/15} \right] - 1$	$T_c = \left[(2.5325)^{1/15} \right] - 1$	$T_c = [1.06391] - 1$	$T_c = 0.0639 * 100 =$ 6.39%


Fuente: Sustentantes.

Afectando la Tasa crecimiento resultante con Elasticidad escogida **2.4607**.

$$T_c = 6.39 \% * 2.4607 = \mathbf{15.73\%}$$

➤ **Tasa de crecimiento Vehículos de Pasajeros:** utilizando datos históricos de Población de los últimos 15 años.

Tabla - 16 Tasa de Crecimiento Utilizando Datos POB.

Procedimiento aplicando  (Ecuación 7)			
$T_c = \left[\left(\frac{6,327.9}{5,244.7} \right)^{1/15} \right] - 1$	$T_c = \left[(1.20653)^{1/15} \right] - 1$	$T_c = [1.01260] - 1$	$T_c = 0.0126 * 100$ = 1.26%

Fuente: Sustentantes.

Afectando la Tasa crecimiento resultante con Elasticidad escogida de **0.2663**.




$$T_c = 1.26 \% * 0.2663 = \mathbf{0.3355\%}$$

Tabla - 17: Consolidado de las Tasas de Crecimiento Calculadas (TPDA, PIB, POB).

TC = (TPDA, PIB, POB)		
TC CALCULADA TPDA= 5.135%	TC CALCULADA PIB= 15.73 %	TC CALCULADA POB= 0.335%

Fuente: Sustentantes.

Tabla - 18: Comparativa de Tasas de Crecimiento Calculada con Registro Histórico.

Tasas de crecimientos Promedio Según Registros Históricos (2002-2016)		
Registros TPDA=5.65%	Registros PIB= 6.93%	Registros POB = 1.35%
		
TC _{CALCULADA} TPDA= 5.135%	TC _{CALCULADA} PIB= 15.73%	TC _{CALCULADA} POB= 0.335%
Elección de la Tasa de Crecimiento a Utilizar.		
TC TPDA= 5.135% ACEPTABLE	TC TPDA= 15.73% DEMASIADO ALTA	TC POB= 0.335% MUY BAJA

Fuente: Sustentantes

2. 4. 5. Tasa de Crecimiento Seleccionada.

Según el informe anual del banco central de Nicaragua 2016 pag.5, la parte económica en Nicaragua registro un crecimiento promedio de **5.3%** durante el periodo 2011-2016, de igual manera se consultó el anuario de aforo del MTI año 2016 pág.17 donde la estación con la cual estamos trabajando EMC-107 presentan una tasa de crecimiento promedio del **5.65%**, por lo cual trabajaremos con tasa de crecimiento calculada de **TC_{TPDA} = 5.135 %**. **(Ver Anexos Tabla 81-82, Gráfico 19, pág. XII-XIII)**

2. 5. Calculo del Tránsito de Diseño.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará un tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (fc). Se calcula mediante la siguiente **Ecuación N°5:**

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365 \quad \text{(Ecuación 8)}$$

2. 5. 1. Período de Diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. De acuerdo a la ubicación geográfica del tramo y al volumen actual de tránsito que circula por ella, elegimos 20 años para el período de diseño, ya que el tramo tiene una clasificación funcional de Colectora Rural.

Tabla - 19: Período de Diseño (N).

Tipo de carretera	Período de Diseño (años)
Autopista Regional	30 – 50
Troncales Sub-Urbanas	20 – 50
Troncales Rurales	20 – 50
Colectoras Sub-Urbanas	15 – 25
Colectoras Rurales	15 – 25

Fuente: Guía para el Diseño de Pavimento AASHTO-93

Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de **N=20 años**.

2. 5. 2. Factor de Crecimiento (FC).

Este se obtiene a partir del periodo de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente **Ecuación N°6**:

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Dónde:

FC: Factor de Crecimiento.

i: Tasa anual de Crecimiento.

n: Periodo de Diseño.

$$FC = \frac{(1 + 0.05135)^{20} - 1}{0.05135} = 33.55$$

2. 5. 3. Factor Distribución Por Dirección (FD).

Este valor se puede deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es 0.5 ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos.

Tabla - 20: Factor de Distribución por Dirección (FD).

Número de carriles en ambas direcciones	FD %
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de **0.5** para el tramo en estudio.

2. 5. 4. Factor Distribución Por Carril (fc).

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). En el **Tabla-21** que se presenta a continuación podemos observar el factor carril.

Tabla - 21: Factor de Distribución por Carril (FC).

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

Se tomó el valor de **Fc' = 1.00** puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional. En base a los datos anteriormente definidos se realizó la determinación del Tránsito de Diseño (TD), para cada eje y tipo de vehículos aplicando la siguiente **Ecuación N°5 de la pág. 27**, tal como se muestra en la **Tabla -22:**

Tabla - 22: Tránsito de Diseño.

Tipo de vehículos	TPDA (2018)	F.C.	Días del año	Factor por carril(Fc)	Factor de Dirección (Fs)	Tránsito para el carril de diseño
Autos	92	33.55	365	0.50	1.00	563,305.0
Jeep	10	33.55	365	0.50	1.00	61,229.0
Camionetas	90	33.55	365	0.50	1.00	551,059.0
Micro Bus<15 pas	13	33.55	365	0.50	1.00	79,598.0
Mini Bus >15 pas	12	33.55	365	0.50	1.00	73,475.0
Bus	50	33.55	365	0.50	1.00	306,144.0
C2 liv	30	33.55	365	0.50	1.00	183,687.0
C2 5 +ton	17	33.55	365	0.50	1.00	104,089.0
C3	6	33.55	365	0.50	1.00	36,738.0
TRÁNSITO DE DISEÑO						1,959,324.0

Fuente: Sustentantes.

Los resultados de la **Tabla -22** para el tramo de calles Barrio Santo Domingo-Estelí, utilizando un factor de crecimiento de 33.55, con un periodo de diseño de 20 años. Resulta con un Tránsito de Diseño de **1,959,324**. Vehículos.

2. 5. 5. El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO-93 para los pavimentos rígidos fue de 4.5 según la guía para pavimento AASHTO Capítulo VIII pág. 291. En el Diseño de la Estructura de Pavimento rígido del tramo en análisis se trabajó con un valor de $P_o = 4.5$ (**valor recomendado para pavimento rígidos**).

2. 5. 6. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

corresponde a un estado límite capas de ser tolerado, antes de que el pavimento sea rehabilitado, mediante un refuerzo o una reconstrucción.

En este caso se decidió tomar el valor de **$P_t = 2.0$** . (**recomendado para tránsito menor**)

2. 5. 7. Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI).

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente **Ecuación N°7**:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad \text{(Ecuación 10)}$$

En el Diseño de la Estructura de Pavimento Rígido del Barrio Santo Domingo se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 \quad \Delta PSI = 2.5$$

2. 5. 8. Espesor de Losa (D) Estimado.

Este valor se utiliza para determinar los factores de carga LEFS, el valor (D) estimado para la losa en este caso es de 6, estos valores se encuentran en las tablas 25 y 26.

2. 5. 9. Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtienen las tablas de la Guía de la AASHTO– 93 pág. 292, para ejes simples y tándem respectivamente. Conociendo su serviciabilidad final ($P_t=2.0$), los pesos de las cargas se encuentran en Kips, se obtienen los factores de equivalencia Si los factores de equivalencia de cargas en los ejes no se encuentran en estas tablas se deben de Interpolar dichos valores. **(Ver Anexos (Tablas 86-87), págs. XVI y XVII).**

Al igual que en pavimentos flexibles el tránsito es transformado a un número de pasadas de ejes tipo de 18 Kips (80 kN), denominado ESAL's (equivalent simple axial load), a través de los factores de carga LEFs (load equivalent factor), determinados por la AASHTO, cuyo valor se determina en función de un espesor de losa estimado al principio. Estos factores se proporcionan en las Tablas **25 y 26**.







Tabla - 23: Factores de ejes Kips a Interpolar.

Tipo de vehículos	Peso X eje (Ton- met)	Peso X eje (Kips)
Autos	1.00	2.20
Camionetas	2.00	4.40
Mc-Bus<15 Pas	4.00	8.80
Mn-Bus 15-30 Pas	8.00	17.60
Bus	5.00	11.00
C3	16.50	36.30

Fuente: Sustentantes.

En la **Tabla-23** se muestran los factores que se interpolaran para la estimación del ESAL, trabajando como una serviciabilidad final $P_t=2.0$ y un espesor de losa asumido (6 pulgadas) para pavimento rígido, se utilizaron las tablas los factores equivalentes de carga para pavimento rígido tanto para ejes simple como para eje tándem y tridem **(Ver Tabla 25 y 26)**.

Tabla-24: Calculo del factor Equivalente de Carga Según la Clasificación vehicular.

CLASIFICACION VEHICULAR		
Tipo de vehículo	Especificación	FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA
Autos	 2.2 Kips Simple 2.2 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 2.2 KIPS será de 0.00038 (Calculado por interpolación)
Camioneta	 2.2 Kips Simple 4.4 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 4.4 KIPS será de 0.0038 (Calculado por interpolación)
McBus<15 pas	 4.40 Kips Simple 8.80 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 8.8 KIPS será de 0.0558 (Calculado por interpolación)
MnBus >15 pas	 8.80 Kips Simple 17.60 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 17.60 KIPS será de 0.9228 (Calculado por interpolación)
Bus	 11 Kips Simple 22 Kips Simple	El factor equivalente de carga para 11 Kips será de 0.1365 , el valor de 22 Kips ya está dado (2.32) (Calculado por interpolación)
C3	 11 Kips Simple 36.30 Kips Doble	El factor equivalente de carga para 36.30 KIPS será de 2.374 (Calculado por interpolación)

Fuente: Sustentantes.

En la **Tabla-24** se muestra cada uno de los factores de equivalencia de carga calculados, según el tipo de vehículo y su peso en Kips para cada eje. Estos se determinaron según interpolación lineal.

Tabla-25: Calculo de factores Equivalente de Carga para Ejes Simples.

Carga/eje ↓		Espesor de Losa <i>D</i> en pulgadas (mm)								
		6,0 (152,4)	7,0 (177,8)	8,0 (203,2)	9,0 (228,6)	10,0 (254,0)	11,0 (279,4)	12,0 (304,8)	13,0 (330,2)	14,0 (355,6)
2.2 →	2 8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
	4 17.8	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
4.4 →	6 26.7	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	8 35.6	0.035	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
8.8 →	10 44.5	0.087	0.084	0.082	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
	12 53.4	0.186	0.180	0.176	0.175	0.174	0.174	0.173	0.173	0.173
11 →	14 62.3	0.353	0.346	0.341	0.338	0.337	0.336	0.336	0.336	0.336
	16 71.2	0.614	0.609	0.604	0.601	0.599	0.599	0.598	0.598	0.598
17.6 →	18 80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20 89.0	1.55	1.56	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59	1.59
→	22 97.9	2.32	2.32	2.35	2.38	2.40	2.41	2.41	2.41	2.42
	24 106.8	3.37	3.34	3.40	3.47	3.51	3.53	3.54	3.55	3.55

Fuente:(Guía para el Diseño de estructuras de Pavimento AASHTO-93).

En el caso del factor de **22 Kips** para el eje doble del vehículo Bus, no fue necesario interpolarlo ya que este se encuentra en la tabla factores equivalentes de carga ejes simple (2.32).

Tabla-26: Calculo de factores Equivalente de Carga para Ejes Tándem.

Carga/eje ↓		Espesor de Losa <i>D</i> en pulgadas (mm)								
		6,0 (152,4)	7,0 (177,8)	8,0 (203,2)	9,0 (228,6)	10,0 (254,0)	11,0 (279,4)	12,0 (304,8)	13,0 (330,2)	14,0 (355,6)
	2 8.9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	4 17.8	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	6 26.7	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	8 35.6	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	10 44.5	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
	12 53.4	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
	14 62.3	0.051	0.049	0.048	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
	16 71.2	0.087	0.084	0.082	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080
	18 80.0	0.141	0.136	0.133	0.132	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131
	20 89.0	0.216	0.210	0.206	0.204	0.203	0.203	0.203	0.203	0.203
	22 97.9	0.319	0.313	0.307	0.305	0.304	0.303	0.303	0.303	0.303
	24 106.8	0.454	0.449	0.444	0.441	0.440	0.439	0.439	0.439	0.439
	26 115.7	0.629	0.626	0.622	0.620	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618
	28 124.6	0.852	0.851	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849	0.849
	30 133.5	1.13	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
	32 142.4	1.48	1.48	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
	34 151.3	1.90	1.90	1.93	1.95	1.96	1.97	1.97	1.97	1.97
36.30 →	36 160.0	2.42	2.41	2.45	2.49	2.51	2.52	2.53	2.53	2.53
	38 169.1	3.04	3.02	3.07	3.13	3.17	3.19	3.20	3.20	3.21

Fuente:(Guía para el Diseño de estructuras de Pavimento AASHTO-93).

2. 5. 10. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

En el Método AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos del cálculo, se los transforma un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 KN o 18 Kips, los cuales se les denomina “equivalent simple axial load” o ESAL. Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{FESAL} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Dónde:

TD: Tránsito de Diseño.

FESAL: Factor de Equivalencia de carga por eje.

Ya conocido los valores del Tránsito de Diseño (TD) por tipo de vehículo cuyos resultados se muestran en la Tabla-22 de la pág. 29. En donde el TPDA para motos no se tomó en cuenta en el cálculo del tránsito de Diseño, ya que se considera que el daño causado por este tipo de vehículo es imperceptible.

Los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), de los cuales se tuvieron que interpolar 7 valores de FESAL para ejes Simples (2.2, 4.4, 8.8, 9.9, 11, 14.30 y 17.60), y un 1 valor de FESAL para ejes Dobles (36.30). Solo el peso de 22 Kips no se interpola ya que el FESAL (2.32), si se muestra en la Tabla: 26 factores equivalente de cargas ejes Tándem.

Ya conocido los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), se procede a aplicar la Ecuación 8 para el cálculo de ESALS, que se muestra continuación:

Tabla - 27: Cálculo ESAL'S del Carril de Diseño.

Tipo de vehículos	Peso X eje(Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	TPDA 2018	TD	Factor ESAL	ESAL de diseño
Autos	1.00	2.20	Simple	92	563,305	0.00038	214
	1.00	2.20	Simple			0.00038	214
Jeep	1.00	2.20	Simple	10	61,229	0.00038	23
	1.00	2.20	Simple			0.00038	23
Camionetas	1.00	2.20	Simple	90	551,059	0.00038	209
	2.00	4.40	Simple			0.0038	2094
McBus<15 pas	2.00	4.40	Simple	13	79,598	0.0038	302
	4.00	8.80	Simple			0.0558	4442
MnBus > 15 pas	4.00	8.80	Simple	12	73,475	0.0558	4100
	8.00	17.60	Simple			0.9228	67803
Bus	5.00	11.00	Simple	50	15,914	0.1365	2172
	10.00	22.00	Simple			2.32	36920
C2 Liv	4.00	8.80	Simple	30	183,687	0.0558	10250
	8.00	17.60	Simple			0.9228	169506
C2 5 +ton	5.00	11.00	Simple	17	104,089	0.1365	14208
	10.00	22.00	Simple			2.32	241486
C3	5.00	11.00	Simple	6	36,738	0.1365	5015
	16.50	36.30	Doble			2.374	87216
Totales				320	1,959,324		646,197.00

Fuente: Sustentantes.

Una vez aplicada la ecuación 8, se obtuvo un ESALS de 6.462+05 repeticiones equivalentes a 18 Kips, trabajando con una serviciabilidad inicial $P_t:4.5$ un índice de serviciabilidad final de $P_f:2.0$ y una pérdida de serviciabilidad $\Delta\psi:2.5$.

CAPÍTULO III

ESTUDIO GEOTÉCNICO

2018



3. 1 Generalidades.

En este capítulo se presenta la metodología, análisis de los ensayos de suelos y bancos de materiales obtenidos de laboratorio, y proporcionado por la Alcaldía de Estelí en colaboración con la empresa IDISA (Ingeniería, Desarrollo e Inversiones S.A), empresa responsable de la realización de dichos estudios. Este estudio con el objetivo de conocer las propiedades físico - mecánicas del tramo en estudio, tomando en cuenta los métodos de clasificación, para diferenciar los tipos de suelo y donde se requiere realizar mejoramientos por su deficiencia en su calidad, por lo tanto, también establecer el dimensionamiento del pavimento rígido apoyándonos en los parámetros encontrados en dicho análisis.

3. 2 Metodología.

La metodología implementada para la ejecución del estudio de suelos comprende básicamente una investigación de campo a lo largo de todo el tramo (1.0 kilometro) definido por la carretera del proyecto; mediante la ejecución de prospecciones de exploración se observaron las características del terreno de fundación, para luego obtener muestras representativas y en cantidades suficientes para ser sometidas a ensayos de laboratorio.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo para la ejecución de este estudio, así como los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio practicados sobre las muestras de suelo.

Se realizó un análisis del suelo, con el objetivo de conocer sus características físicas, mecánicas, condiciones de soporte, y de esta manera establecer los parámetros básicos necesarios para el diseño de la estructura. Seguidamente estas muestras fueron analizadas en laboratorio para determinar sus propiedades, entre ellas:

- ❖ Humedad
- ❖ Valor de Soporte (CBR)
- ❖ Granulométrica
- ❖ Límites de Atterberg (Límite e índice plástico)
- ❖ Densidad (Proctor)

3.2.1 Evaluación de la Sub-Rasante.

Según los informes de los estudios de suelos brindados por la Alcaldía de Estelí y realizados por (IDISA) se realizaron 11 sondeos en las cuales se encuentran 30 muestras representativas del suelo distribuidos a lo largo de 1.0 kilómetros, para determinar la capacidad de soporte las exploraciones se hicieron alternados a uno y otro lado de la vía a una distancia de 100 metros mediante la ejecución de Palin doble, posteadora, pala simple redonda. Con una profundidad de hasta 1.50 m, dicho procedimiento se inició en la estación 0+000 (Inicio del Tramo en Estudio), hasta llegar a la estación 1+000 (Fin del Tramo en Estudio).

3.2.2 Estudios de laboratorio.

Las diferentes muestras de suelos que se obtuvieron en la exploración se reagruparon y fueron sometidas a ensayos de laboratorio. A continuación, se indican los tipos de ensayos efectuados y la designación A.A.S.H.T.O. correspondiente:

Tabla 28: Ensayos de Laboratorio.

Tipo de Ensayo	Designación A.A.S.H.T.O
Análisis granulométrico de los suelos	T 27 – 88
Límite líquido de los suelos	T 89 – 90
Índice de plasticidad de los suelos	T 90 – 97
Pesos Unitarios (*)	T 19 - 88
Ensayo Proctor (*)	T 180 – 90
Ensayo C.B.R. (*)	T 193 – 81

Fuente. Libro de diseño de pavimento AASHTO -93.

Las muestras para el ensaye CBR se saturaron por un tiempo de cuatro días, antes de ejecutar el ensaye. Todos los suelos en estudio se clasificaron por el sistema A.A.S.H.T.O. (**Ver Anexos (Tabla 88), págs. XVIII).**

3.2.3 Sondeos efectuados.

Las muestras obtenidas en el campo se examinaron y clasificaron In Situ por el personal de campo, tomándose muestras alteradas, correspondiente a cada estrato, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios.

Tabla 29: Sondeos efectuados.

Sondeos	Ubicación	Sondeos	Ubicación
Sm – 1	Estación 0+000, Lado Derecho.	Sm – 7	Est: 0 + 600, Lado Derecho.
Sm – 2	Est: 0+100, Lado Izquierdo.	Sm – 8	Est: 0 + 700, Lado Izquierdo.
Sm – 3	Est: 0+200, Lado Central.	Sm – 9	Est: 0 + 800, Lado Central.
Sm – 4	Est: 0+300, Lado Derecho.	Sm – 10	Est: 0 + 900, Lado Derecho.
Sm – 5	Est: 0+400, Lado Izquierdo.	Sm – 11	Est: 1 + 000, Lado Izquierdo.
Sm – 6	Est: 0+ 500, Lado Central.		

Fuente: Sustentantes.

3.2.4. Resultado de los Ensayos sobre la Línea.

Sobre la base de los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que a lo largo del tramo en estudio predominan los tipos de suelo que a continuación se describen:

Sondeos (0+000- 0+400).

El primer estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 15 cm y 20 cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existe dos tipos de suelos bien definido (A-2-5) (0), con índice de grupo cero (A-2-6) (0) con índice de grupo cero. El suelo que más predomina en este primer estrato es el suelo (A-2-6) (0), su límite líquido determinado varía entre 34 y 37, posee un índice de plasticidad de 11 y 12, presenta valores de CBR que varan entre 13% y 15%. Según la clasificación de la AASHTO se encuentra en el grupo de suelos A-2.

El segundo estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 20 cm y 105 cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existe dos tipos de suelos bien definidos (A-7-5) (14), con índice de grupo catorce (A-2-4) (0) con índice de grupo cero. Estos se encuentran por debajo de la Sub-rasante, el suelo que más predomina en este segundo estrato es el suelo (A-2-4) (0), su límite líquido determinado varía entre 33 y 35, posee un índice de plasticidad de 8 y 9, presenta valores de CBR que varían de 22 y 35%. Según la clasificación de la AASHTO se encuentra en el grupo de suelos A-2.

El tercer estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 105 cm y 150 cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existe dos tipos de suelos bien definidos (A-7-6) (13), con índice de grupo trece (A-7-5) (20) con índice de grupo veinte. El suelo que más predomina en este tercer estrato es el suelo (A-7-5) (0), su límite líquido determinado varía entre 48 y 72, posee un índice de plasticidad de 17 y 38, presenta valores de CBR que varían de 7 y 9%. Según la clasificación de la AASHTO se encuentra en el grupo de suelos A-7.

Sondeos (0+500- 1+000).

El primer estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 15 cm y 70 cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existe tres tipos de suelos bien definidos (A-2-6) (0), con índice de grupo cero, (A-2-4) (0) con índice de grupo cero, y (A-7-5) (11), con índice de grupo once. El suelo que más predomina en este primer estrato es el suelo (A-2-4) (0), su límite líquido determinado varía entre 34 y 37, posee un índice de plasticidad de 11 y 12, presenta valores de CBR que varían entre 13% y 15%. Según la clasificación de la AASHTO se encuentra en el grupo de suelos A-2.

El segundo estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 18 cm y 15 cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existe tres tipos de suelos bien definidos (A-2-4) (14), con índice de grupo catorce (A-7-5) (16) con índice de grupo dieciséis, y (A-7-6) (6), (4).

El suelo que más predomina en este segundo estrato es el suelo (A-7-6), su límite líquido determinada varía entre 41 y 49, posee un índice de plasticidad de 13 y 19, presenta un valor de CBR estable de 5%. Según la clasificación de la AASHTO se encuentra en el grupo de suelos A-7. Cabe señalar que en este segundo estrato en el sondeo (Sm-9) estación 0+800 se encontró un manto rocoso en la profundidad de 8cm.

El tercer estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 32 cm y 150 cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existe dos tipos de suelos bien definido (A-7-5) (16), con índice de grupo dieciséis, (A-7-6) (13) con índice de grupo trece. El suelo que más predomina en este tercer estrato es el suelo (A-7-6) (13), Cabe señalar que en este tercer estrato en el sondeo (Sm-11) estación 1+000 se encontró un manto rocoso en la profundidad de 135 cm.

Calidad de los suelos analizados según su clasificación AASHTO.

Los suelos del tipo A-2-4 para su uso como sub-rasante esta categorizada según la AASHTO como de regular a buena calidad, esta posee un límite líquido máximo de 4 y un índice de plasticidad máximo de 10, se encuentra dentro del grupo de suelos A-2.

Los suelos del tipo A-2-5 para su uso como sub-rasante esta categorizada según la AASHTO como de regular a buena calidad, esta posee un límite líquido mínimo de 41 y un índice de plasticidad máximo de 10, se encuentra dentro del grupo de suelos A-2.

Los suelos del tipo A-2-6 para su uso como sub-rasante esta categorizada como de regular a buena calidad, esta posee un límite líquido máximo de 4 y un índice de plasticidad mínimo de 11, se encuentra dentro del grupo de suelos A-2.

Los suelos del tipo A-7-5 para su uso como sub-rasante esta categorizada como de muy mala calidad. esta posee un límite líquido máximo de 4 y un índice de plasticidad mínimo de 11, se encuentra dentro del grupo de suelos A-7.

Los suelos del tipo A-7-6 para su uso como sub-rasante esta categorizada como de muy mala calidad, esta posee un límite líquido máximo de 4 y un índice de plasticidad mínimo de 11, se encuentra dentro del grupo de suelos A-7.

Se conoce que la sub- rasante del terreno está por debajo de 20 cm, en la parte superior tenemos la capa de relleno o capa de rodamiento existente, donde predomina el tipo de suelo (A-2-6), (0). Con índice de grupo cero, para el análisis de la sub-rasante se analizaron las muestras que pasan después de los 20 cm.

3. 2. 5 Análisis de los Resultados.

En base a lo descrito anteriormente, podemos concluir que predominan los suelos A-7-5, A-7-6 y A-2-4. son suelos de baja resistencia con calidad deficientes, límites líquidos e índices de plasticidad altos según su clasificación y características físico - mecánicas de la AASHTO. Este tipo de suelos presentan un material limoso arcillosos, cabe destacar que los materiales encontrados a lo largo del tramo de estudio son predominantes en la zona de Estelí.

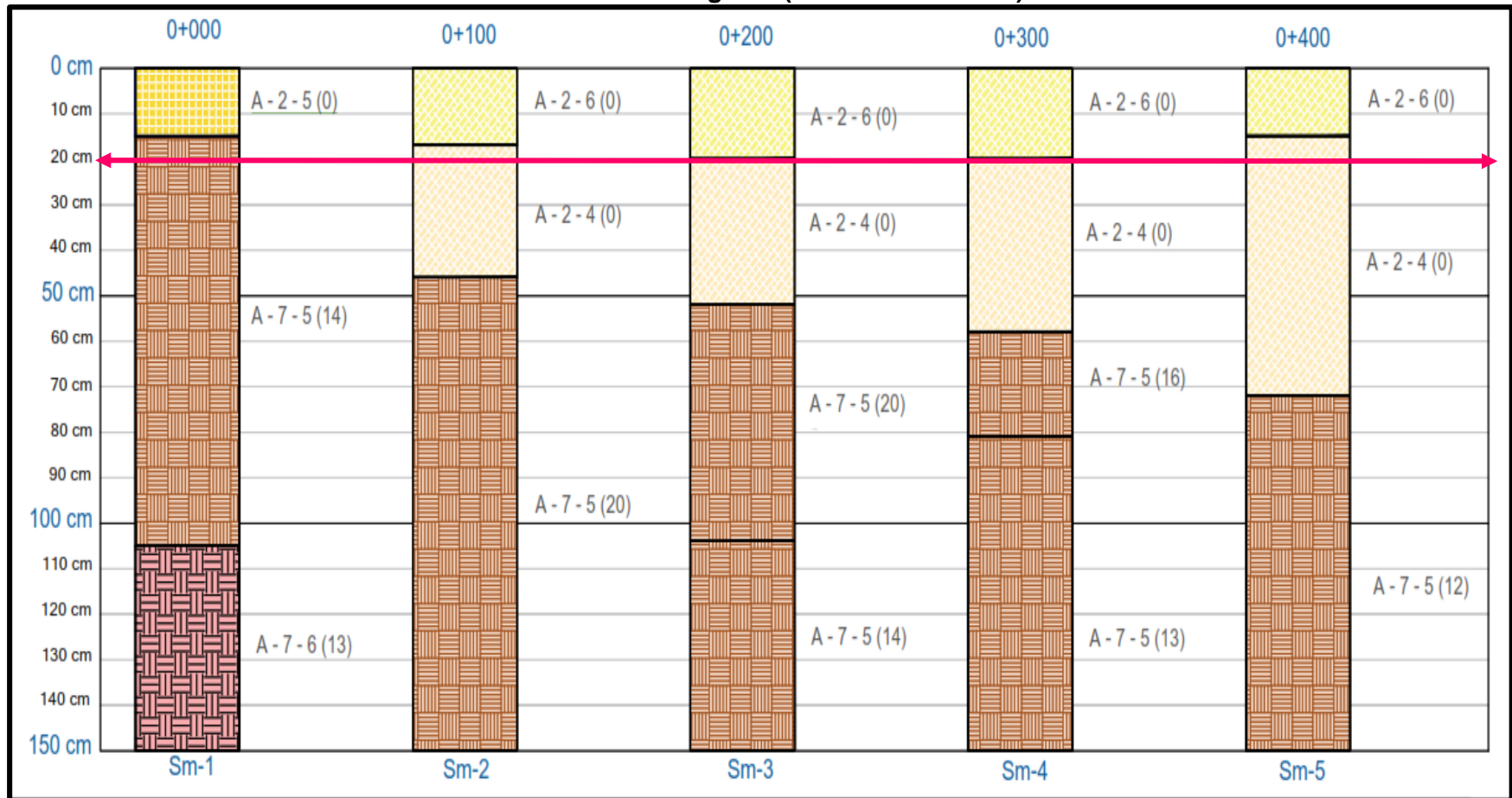
También tenemos suelos catalogado como de regular calidad como el suelo (A-2-4),(0) este material presenta Fragmentos de grava, arena, limo y arcilla.

3. 2. 6. Estratigrafía del Terreno.

Finalmente, se realizó un perfil estratigráfico para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio suministrados por la Alcaldía Municipal de Estelí y realizados por la empresa IDISA (Ingeniera, Desarrollo e Inversiones S.A).

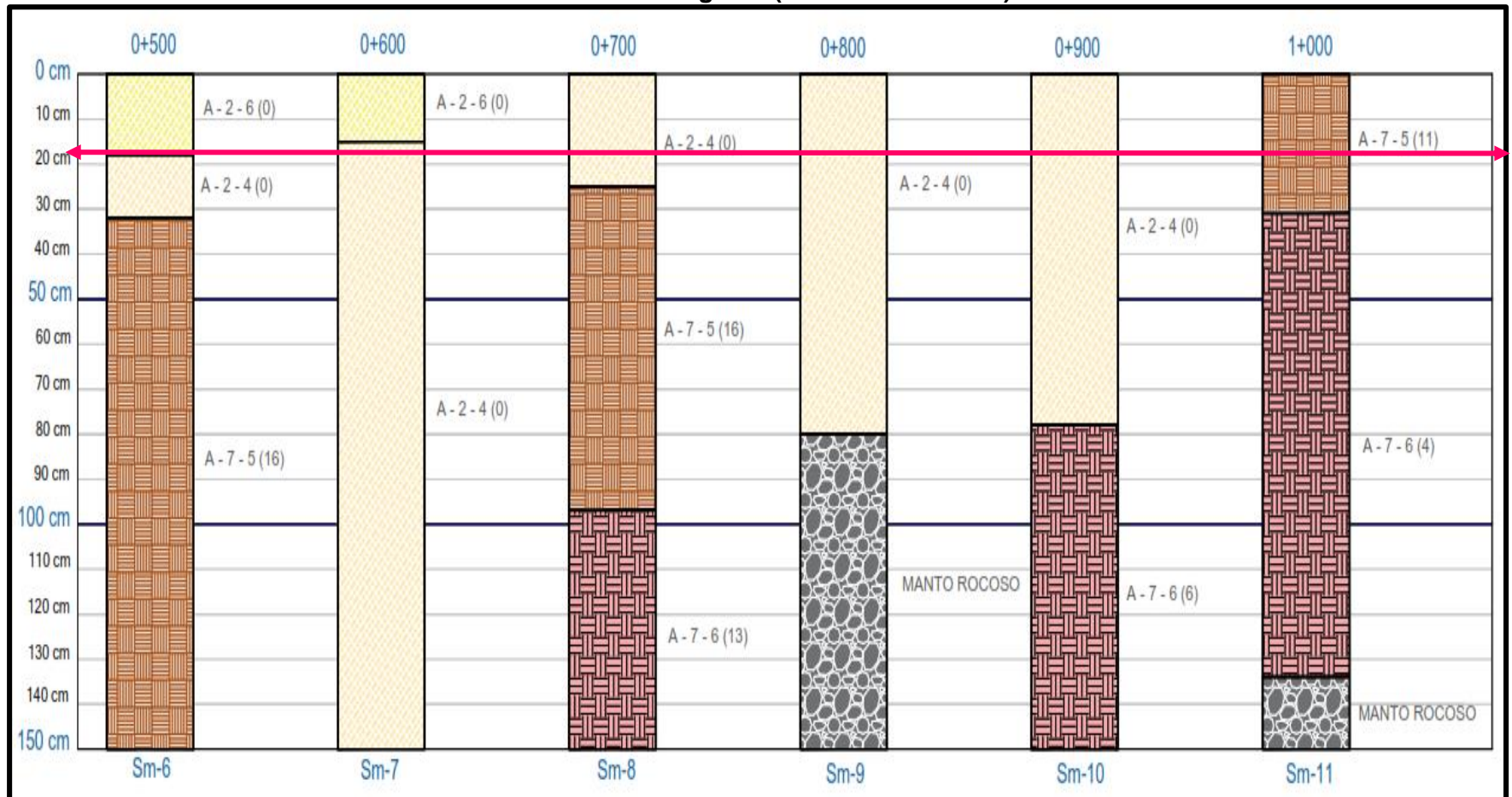
La línea de la sub rasante en el terreno se encuentra por debajo de los 20 cm, la cual se ubica en el **Grafico N-10** y **Grafico N-11** con una línea en color rosa, en la parte superior tenemos la capa de relleno o capa de rodamiento existente, con un material predominante A-2-6 (0), para realizar el cálculo del CBR se decidió utilizar las muestras más próximas de suelo, que pasaron después de los 20 cm.

Gráfico- 10: Estratigrafía (Est. 0+000 a 0+400).



Fuente: Sustentantes.

Grafico- 11: Estratigrafía (Est. 0+500 a 1+000).



Fuente: Sustentantes.

Tabla 30: Resumen de Sondeos Realizados a lo Largo del Tramo (Est0+000, Est 0+400).

SONDEOS - BARRIO SANTO DOMINGO DEPARTAMENTO DE ESTELI.																	
SONDEO N°.	ESTACION UBICACIÓN	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	MUESTRA	% QUE PASA POR TAMIZ										LL	IP	CLASIFICACION	CBR AL 95%
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
1	0+000 LADO DERECHO	0 - 15	1	100	90	74	64	51	40	23	18	12	8	45	9	A-2-5(0)	18
1		15 - 105	2					100	98	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	7
1		105 - 150	3				100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	5
2	0+100 LADO IZQUIERDO	0 - 17	4	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
2		17 - 46	5	96	81	72	68	58	50	44	38	23	14	35	9	A-2-4(0)	22
2		46 - 150	6		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	7
3	0+200 LADO CENTRAL	0 - 20	7	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
3		20 - 52	8	95	78	70	67	56	48	43	37	20	15	33	8	A-2-4(0)	22
3		52 - 104	9							100	100	99	98	73	38	A-7-5(20)	9
3		104 - 150	10					100	99	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	7
4	0+300 LADO DERECHO	0-20	11	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
4		20-58	12	94	77	72	67	56	48	43	37	20	15	33	8	A-2-4(0)	22
4		58-81	13		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	7
4		81-150	14					100	99	98	95	91	87	48	18	A-7-5(13)	7
5	0+400 LADO IZQUIERDO	0-15	15	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	13
5		15-72	16	90	72	68	61	50	44	38	30	18	12	33	8	A-2-4(0)	22
5		72-150	17					100	99	98	94	90	86	47	17	A-7-5(12)	9

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí IDISA (Ingeniería, Desarrollo e Inversiones S.A).

Tabla 31: Resumen de Sondeos Realizados a lo largo del Tramo (Est0+500, Est 1+000).

SONDEOS - BARRIO SANTO DOMINGO DEPARTAMENTO DE ESTELI.																	
SONDEO No.	ESTACION UBICACIÓN	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	MUESTRA	% QUE PASA POR TAMIZ										LL	IP	CLASIFICACION	CBR AL 95%
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200				
6	0+500 LINEA CENTRAL	0-18	18	100	93	82	73	62	52	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
6		18-32	19	95	80	73	68	58	50	44	35	19	13	34	9	A-2-4(0)	22
6		32-150	20		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	9
7	0+600 LADO DERECHO	0-15	21	100	92	81	70	58	47	34	28	17	12	37	12	A-2-6(0)	15
7		15-150	22	95	80	73	68	58	50	44	35	19	13	34	9	A-2-4(0)	22
8	0+700 LADO IZQUIERDO	0-25	23	97	84	73	69	62	55	45	41	27	16	35	8	A-2-4(0)	30
8		25-97	24		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	9
8		97-150	25				100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	5
9	0+800 LINEA CENTRAL	0-80	26	96	88	77	63	58	52	44	38	23	14	33	9	A-2-4(0)	28
9		80-+	MANTO ROCOSO NO PENETRABLE CON BARRA														
10	0+900 LADO DERECHO	0-78	27	100	97	96	93	87	85	72	63	44	30	36	9	A-2-4(0)	35
10		78-150	28	100	99	98	96	92	89	83	79	69	58	41	13	A-7-6(6)	5
11	1+000 LADO IZQUIERDO	0-31	29	100	92	87	85	84	83	80	79	75	67	58	17	A-7-5(11)	7
11		31-134	30	100	92	81	76	70	68	62	55	47	42	49	19	A-7-6(4)	5
11		134-+	MANTO ROCOSO NO PENETRABLE CON BARRA														
TOTAL DE MUESTRAS 30												MUESTRAS QUE PASAN LA SUB-RASANTE				17	

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí IDISA (Ingeniera, Desarrollo e Inversiones S.A).

3. 2. 7. Evaluación de la Sub-Rasante.

La obtención del Módulo de Resiliencia se obtiene en base a pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la carpeta de sub-rasante (Ensayo AASHTO T 274), con muestras representativas esfuerzo.

El tramo actualmente cuenta con una carpeta de rodamiento promedio de 20 cm de espesor, por tanto, se considera que la Sub-rasante se encuentra por debajo de los 20 cm de la carpeta de rodamiento, ya que es donde se encuentran los suelos más estables, se tomaron los valores de CBR más próximos, por debajo de 20 cm, ya que estos son los que recibirán las cargas del tránsito de diseño.

Tabla 32: Muestras de la Sub Rasante Seleccionadas para Cálculo de CBR.

CLASIFICACION	CBR AL 95%	FECUENCIA
A-7-6(4)	5	1
A-7-5(14)	7	4
A-7-5(16)	7	
A-7-5(16)	7	
A-7-5(11)	7	
A-7-5(20)	9	4
A-7-5(12)	9	
A-7-5(16)	9	
A-7-5(16)	9	
A-2-4(0)	22	6
A-2-4(0)	22	
A-2-4(0)	22	
A-2-4(0)	22	
A-2-4(0)	22	
A-2-4(0)	22	
A-2-4(0)	28	1
A-2-4(0)	35	1

Fuente: Sustentantes.

De las 30 muestras representativas solo se seleccionaron 17 de ellas que son las que están más próximas a la capa de rodamiento, estas se agruparon de

acuerdo a los valores de CBR de menor a mayor, para luego realizar el cálculo CBR de la Sub-Rasante.

3. 2. 8. Ensayos de Bancos.

Se tomaron 2 de los bancos de material más cercano a la zona, bancos de préstamo material selecto. Los Bancos son de uso conocido en la zona y se encuentran en explotación, por lo que presentan cortes. En la siguiente tabla se plasma nombre y ubicación.

Tabla 33: Bancos de Préstamo Identificados.

BANCO DE PRESTAMOS IDENTIFICADOS			
No. del Banco	Ubicación	Volumen Aproximado (m ³)	Uso Probable
Nº 1	1.3 KILOMETROS AL NORESTE	36,000	Material Selecto
Nº 2	HOGAR CHAVALITO 800 METROS AL ESTE	55,000	Material Selecto

Fuente: Sustentantes.

Tabla 34: Bancos de Préstamo Identificados.

DIMENSIONES DE LOS BANCOS DE PRESTAMOS		
No. del Banco	Nombre	Dimensiones en metros (largo x alto x ancho)
Banco Nº 1	San Pedro	75x12x41
Banco Nº 2	Villa Esperanza	90x12x51

Fuente: Sustentantes.

En la **Tablas 33 y 34** podemos observar la ubicación de cada uno de los bancos de préstamos, así como su nombre y el propietario de dicho banco.

El Banco N1 (Banco de Prestamos San pedro) se encuentra localizado a 1.3 kilómetros al Nor-este del proyecto, carretera adoquinada a la concordia.

El Banco N#2 (Banco de Prestamos Villa Esperanza) se encuentra localizado propiamente a 800 metros al este del Hogar chavalito. Cabe señalar que este banco es uno de los más utilizados en el departamento de Estelí por sus propiedades y características físico - mecánicas del suelo. El volumen explotable aproximado de los Bancos es el siguiente:

3. 2. 9 Banco de Préstamo N -1 San Pedro.

Las dimensiones aproximadas (largo x alto x ancho) del Banco, son de 75x12x41 m, para un Vol. de 36,000m³. El material de descapote de la roca en las catas 1 y 2, tiene un descapote de 0.7 m de espesor. El material de este banco corresponde a una grava con arcilla y arena de baja compresibilidad tipo A-2-4 (0), color rojizo, el propietario de este banco de material es el Sr: Francisco Zeledón.

3. 2. 10 Banco de Préstamo N -2 Villa Esperanza.

Las dimensiones aproximadas (largo x alto x ancho) del Banco, son de 90x12x51 m, para un Vol. de 55,000 m³. El descapote tiene un espesor de 0.85m. El material de este banco corresponde a una Grava bien graduada con fragmentos de piedra y arena color café claro A-1-a, (0) con índice de grupo cero, el propietario de este banco de material es el Sr: Tobías Castillo.

Los materiales obtenidos de los Bancos de Préstamo, de acuerdo con la exploración realizada y a los ensayos de laboratorio efectuados, presentan de manera resumida las siguientes características:

Tabla 35: Resultados de Laboratorio de Bancos de Materiales.

ANÁLISIS GRANULOMETRICOS															
BANCO No.	UBICACIÓN	SONDEO	% QUE PASA POR TAMIZ									LL (%)	IP(%)	CLASIFICACION AAHSTO	CBR AL 95%
			2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	N°4	N°10	N°40	N°200				
BANCO # 1	1.3 KILOMETROS AL NORESTE	STOCK	100	99	91	84	77	71	62	43	31	37	9	A-2-4 (o)	61
BANCO # 2	HOGAR CHAVALITO 800 METROS AL ESTE	STOCK			100	84	70	48	14	7	2	..	NP	A-1-a (o)	84
RESUMEN DE RESULTADOS DE PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE LOS BANCOS DE MATERIALES															
BANCO No	P.V.S.S. (kg/m3)	P.V.S.C. (kg/m3)	P.V.S. Max. (Kg/m3)	Humedad Optima (%)	VOLUMEN EXPLOTABLE (m³)	CBR			USO POSIBLE (Nic-2000)						
						90%	95%	100%							
N°1	1,013	1,141	1,637	16.3%	36,000 m³	41.2	61.0	86	Subbase						
N°2	1,233	1,348	1,977	8.8%	55,000 m³	47.8	84.0	100	Base						
Observaciones: PVSS= Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSC= Peso Volumétrico Seco Compacto															

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí -IDISA.

3. 2.11 Clasificación y Descripción del Banco de préstamo N-1.

En el banco de préstamo **N#1 San Pedro**, el material se describe como una grava pobremente graduada con arcilla y arena, Según la AASHTO su clasificación general es un material regular a pobre este se encuentra entre los suelos con fragmentos grava y arena arcillosa A-2-4 (0) con índice de grupo cero, se encuentre dentro del grupo de suelo A-2, este posee una humedad optima de 16.3%, su densidad seca es de 1, 637 Kg/m³ y posee un CBR de 61%, al 95% próctor modificado sus partículas pasan 71% el tamiz N°4, 62% el tamiz N°10, 43% el tamiz N°4 y 31% el tamiz N°200.

3. 2. 12 Clasificación y Descripción del Banco de préstamo N-2.

En el banco de préstamo **N#2 Villa Esperanza**, el material se describe como una Grava bien graduada con fragmentos de piedra y arena. Según la AASHTO su clasificación general es un material de excelente calidad se encuentra dentro del grupo de suelos granulares grupo A-1, el material está clasificado dentro del subgrupo como un suelo A-1-a (0) con índice de grupo cero, una humedad optima de 8.8%, su densidad seca es de 1,977 Kg/m³, y posee un CBR de 84%, al 95% próctor modificado, sus partículas pasan 48% el tamiz N°4, 14% el tamiz N°10, 7% el tamiz N°4y 2% el tamiz N°200.

3. 2. 13. Análisis de Bancos de préstamos.

El material de la **base** debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2000:

Tabla 36: Especificaciones de Materiales para Base Granular.

Propiedad	Especificación	Metodología
Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
Índice Plástico	10% máx.	AASHTO-90
CBR	80% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% Próctor Modificado	AASHTO-191

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

De acuerdo a la **Tabla- 36** el banco de préstamo N°2 **Villa Esperanza** se puede utilizar como fuente de material para la capa base, debido a que su CBR **(84%)** es mayor al mínimo requerido (80%). Este banco de material no posee limite liquido ni índice plástico ya que se trata de un material A-1-a (0), el ensayo desgaste de los ángeles realizado resulto de 48% y el ensaye de Intemperismo acelerado tuvo un resultado de 11%. **(Ver Anexos (Tablas 90), págs. XX).**

El material de **sub-base** deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de sub-rasante y su espesor serán variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC. 2000:

Tabla 37: Especificaciones de Materiales para Sub-base Granular.

Propiedad	Especificación	Metodología
Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
Índice Plástico	10% máx.	AASHTO-90
CBR	40% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba próctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

De acuerdo a la **Tabla-37** el banco de préstamo **N-1 San Pedro**, se ajusta para ser utilizado como fuente de material para la capa sub-base, debido a que su CBR (61%) es mayor a 40%, que es el mínimo permitido por la Nic 2000, su índice de plasticidad se ajusta con un 9%, el ensayo desgaste de los ángeles realizado en los fragmentos rocosos resulto de 39% y el ensaye de Intemperismo acelerado tuvo un resultado de 8%. **(Ver Anexos (Tablas 89), págs. XIX).**

Es necesario ver, si los bancos se ajustan a las condiciones mínimas granulometría y resistencia (CBR), establecidas en la sección II del Artículo 1003.23 de la NIC 2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, después de colocado y compactado, **(Ver Anexos (Tablas 91, 92, 93 y 94), Pág. XXI y XXII).**


3. 3. CBR de Diseño.

Es necesario recordar que el Ensayo CBR (California Bearing Ratio): mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) en suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub-rasantes bajo el pavimento de carreteras. La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193.

La Sub- rasante es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto. En nuestro caso se tomó una profundidad sub-rasante de 0.30 metros para el diseño del CBR.

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR de Diseño, el cual recomienda tomar un valor adecuado ya sea de **60%, 75% o el 87.5%**, de los valores individuales obtenidos sean iguales o mayores que él de acuerdo con el tránsito que se espera que circule por el pavimento, como se muestra en la **Tabla-38**:

Tabla 38: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño.

Cargas Equivalentes Totales (ESAL's)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL's	60
 Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1,991.

Se eligió el percentil de Diseño **75%** ya que el **ESAL's** estimado resulto de **646,197.00** como se presenta el capítulo II de tránsito.

En la siguiente **Tabla 39** se muestra el cálculo del CBR de la sub- rasante.

Tabla 39: Valores para determinar CBR de Diseño.

CLASIFICACION	CBR AL 95%	FRECUENCIA	CANTIDAD DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJES
A-7-6	5	1	17	100%
A-7-5	7	4	16	94%
A-7-5	9	4	12	71%
A-2-4	22	6	8	47%
A-2-4	28	1	2	12%
A-2-4	35	1	1	6%

TOTAL DE MUESTRAS	17
--------------------------	-----------

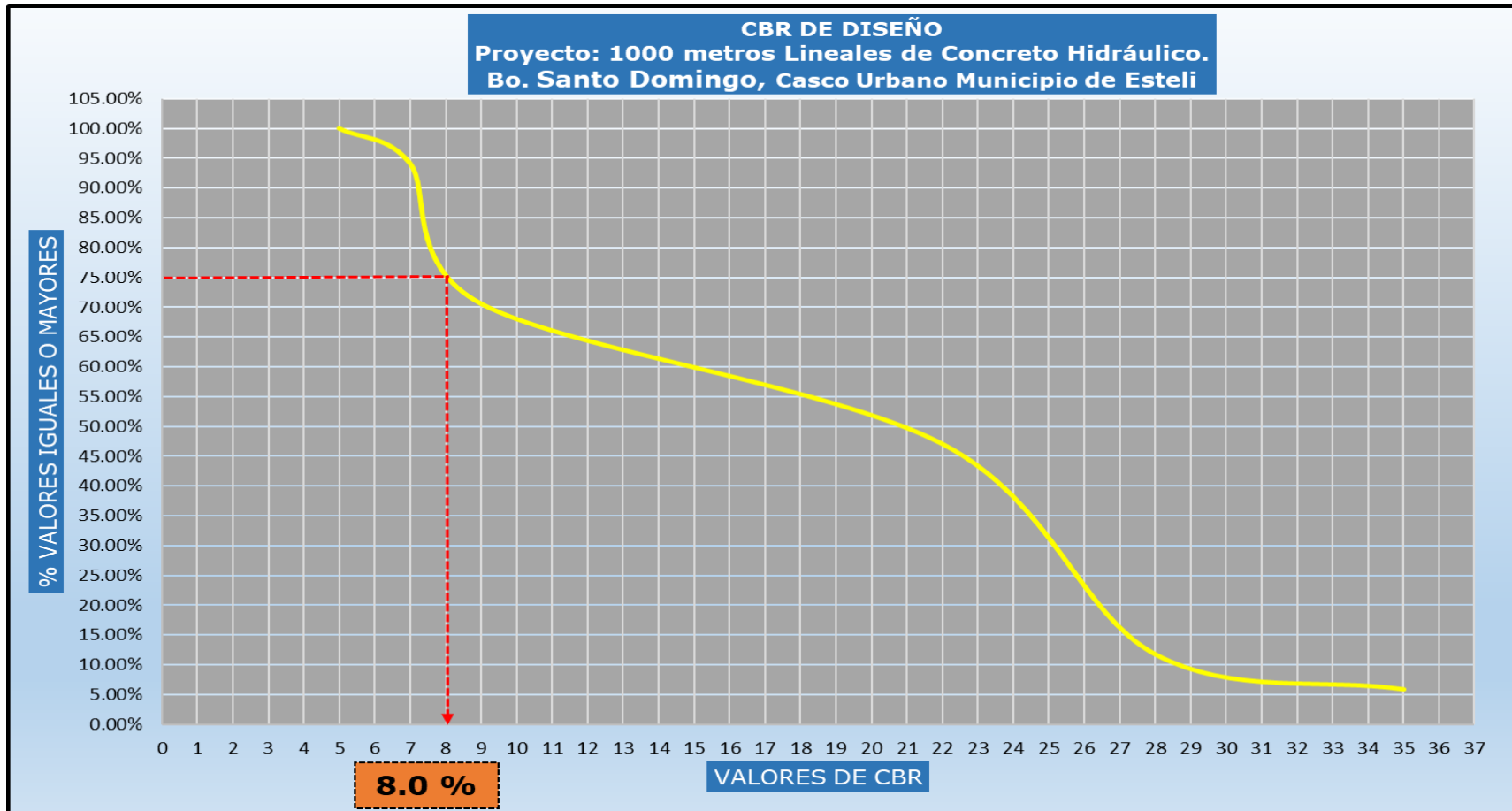
Fuente: Sustentantes.

NOTA: ESTE VALOR SE REFIERE AL NUMERO TOTAL DE MUESTRAS UTILIZADAS, Y SU FRECUENCIA CUMPLIENDO CON SU TOTAL EQUIVALENTE OK

Una vez que se seleccionaron los CBR de las muestras más próximas que pasan a la Subrasante, también se determinaron lo porcentajes que corresponden a cada una de ellas según la cantidad total de muestras (17) y su frecuencia, con las que se procederá a graficar para calcular el CBR de la subrasante, no sin antes recordar que se tomó un valor percentil de 75% en base a nuestro ESAL's de diseño estimado que fue de 646,197.00.

A continuación, se muestra el cálculo del CBR de la subrasante:

Gráfico 12: Cálculo del CBR de Diseño.



Fuente: Sustentantes.

Se puede demostrar en el gráfico el resultado del CBR de diseño para la sub- rasante fue de **8.0 %**. Se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.

CAPITULO IV

DISEÑO DE PAVIMENTO

2018



4.1. Generalidades.

La primera guía AASHO para diseño de pavimentos rígidos se publicó en 1962 ("AASHO Interim Guide for Design of Pavement Structures). Esta fue evaluada y revisada en 1972 y 1981. Entre 1984 y 1985, el Subcomité en Diseño de Pavimentos y consultores revisaron la guía en vigencia y así sale la "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1986), con muchas variaciones con respecto a las versiones anteriores. En 1993 se publica una nueva versión de la guía, pero sin cambios en lo que concierne al diseño de pavimentos rígidos.

El método AASHTO para pavimentos rígidos, se basa principalmente en los resultados del ensayo vial AASHO. El procedimiento de diseño permite la determinación del espesor del pavimento y la cantidad de acero de refuerzo, en su caso, así como el diseño de las juntas. Es adecuado para pavimentos de concreto simple, simplemente reforzado y de refuerzo continuo.

Para el método AASHTO la fórmula de diseño es:

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}}{1 + \frac{1.625 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log \left[\frac{S_c' C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \left[D^{0.75} - 18.42 \left(\frac{k}{E_c} \right)^{0.25} \right]} \right] \quad \text{(Ecuación 9)}$$

En donde:

W₁₈ = Numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño.

Z_r = Desviación normal estándar.

S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros.

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

P_t = índice de serviciabilidad o servicio final.

Mr = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 das (método de carga en los tercios de la luz).

Cd = Coeficiente de drenaje

J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.

Ec = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa

k = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

4.2. Variables a considerar en este método:

4.2.1. Ejes simples equivalentes de 82 kN (W80).

En este método se requiere la transformación a ejes simples equivalentes de 82 kN (8.0 Toneladas Métrica ó 18,000 libras), los ejes de diferentes pesos que circularán por el pavimento durante su periodo de diseño.

Para el periodo de diseño, por el tipo de construcción que es, se necesita que este no sea menor a 20 años, con el objeto de poder considerar diferentes alternativas en el plazo que se decida e incluso es recomendable que, durante el periodo de análisis se incluya por lo menos una rehabilitación. En el **Capítulo 2**, se incluye la **tabla 27, pág. 35**, que muestra que en el tramo en estudio se espera que durante el periodo de diseño se obtenga un total de **646,197.00** ejes equivalentes a **18000 libras ó 8.2 toneladas métricas**.

Existen algunos factores que nos ayudan a determinar con precisión el tráfico que circula en el carril de diseño, estos factores se muestran en la tabla siguiente

Tabla 40: Porcentaje de ejes equivalentes.

Número de carriles en una dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 82kN en el carril de diseño
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.2.2. Confiabilidad (R) y Desviación normal estándar (Zr).

Tiene el mismo significado que para pavimentos flexibles, es decir que se refiere al grado de certidumbre de que un dado diseño puede llegar al fin de su período de análisis en buenas condiciones. Para el tramo en estudio se utilizó un valor de confiabilidad **R** del **80%**, que corresponde a un valor recomendado para una Carretera Colectora Suburbana y de acuerdo con la confiabilidad seleccionada se utilizó un **Zr** (desviación normal estándar), de **-0.841**, lo cual se muestra en las **Tablas 41 y 42**.

Tabla 41: Niveles de Confiabilidad R en Función del tipo de Carretera.

Clasificación Funcional	confiabilidad recomendada (R: Reliability)	
	Suburbanas	Rurales
Interestatales y otras Autopista	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Troncales	80-95	75-95
Colectoras	50-80	50-80

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004.

Tabla 42: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.

Confiabilidad R (%)	Desviación normal estándar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.2.3. Desviación Estándar.

La desviación estándar aplicada en este modelo se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción de este. La AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a predicciones futuras del tránsito. En este caso la Desviación estándar (**So**), escogida fue de **0.35**.

Tabla 43: Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio.

Tipo de Pavimento	Rango para la desviación Estándar Total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Pavimento Flexible	0.40 - 0.50	0.49	0.44
Pavimento Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.2.4. Serviciabilidad.

El Manual de Diseño AASHTO establece el porcentaje de pérdida de serviciabilidad (Δ PSI), para varios niveles de tráfico y cargas de ejes. Entre mayor sea el Δ PSI, mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar. La serviciabilidad se puede definir como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero), significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco), para un pavimento excelente. (**Tabla 44**).

Tabla 44: Escala serviciabilidad.

Índice de Servicio	Clasificación
5	Excelente
4	Muy Bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Definición de Serviciabilidad Inicial (Po): Es la condición que tiene un pavimento inmediatamente después de la construcción del mismo.

Los valores recomendados por AASHTO para este parámetro son: Para pavimento de Concreto de 4.5 y Para pavimento de Asfalto de 4.2. **(Tabla 45)**

Serviciabilidad Final (Pt): La serviciabilidad final tiene que ver con la calificación que esperamos tenga el pavimento al final de su vida útil. **(Tabla 45)**

Tabla 45: Factores de Serviabilidad.

Tipo de Carretera	Índice de Serviabilidad Presente (PSI)			
	Pavimentos flexibles		Pavimentos rígidos	
	PSI inicial	PSI Final	PSI inicial	PSI Final
Carreteras Principales	4.2	2.5	4.5	2.5
Carreteras Secundarias		2.0		2.0
Condición de Falla		1.5		1.5

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Así que para un pavimento Rígido con un **Po** de **4.5** al momento de su construcción y al tener una clasificación funcional de Colectora Secundaria (Suburbana), se espera que al cumplir su vida útil se obtenga un **Pt** de **2.0**.

La diferencia entre ambos índices se define como Pérdida de Serviabilidad (**Δ PSI**):

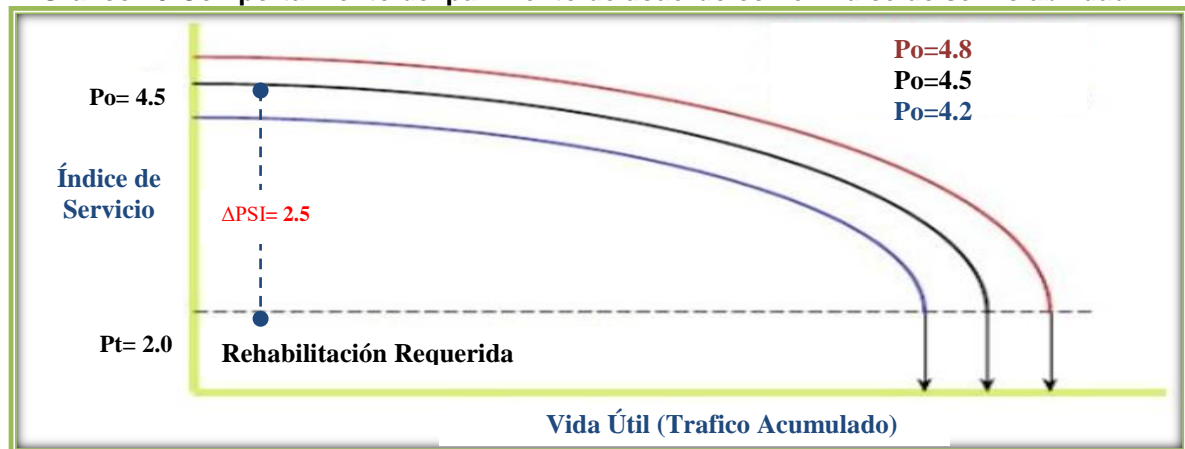
$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.5$$

De acuerdo con los datos escogidos se espera que el pavimento Rígido tenga una capacidad de carga de **2.5 (Δ PSI)**. **(Gráfico 13)**

Gráfico 13: Comportamiento del pavimento de acuerdo con el índice de serviabilidad.



Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

En el **Gráfico 4** se puede observar que mientras mejor se construya inicialmente un pavimento, o bien, mientras mejor índice de serviciabilidad inicial tenga mayor será su vida útil.

4.2.5. Consideraciones de drenaje en el diseño del pavimento.

Un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la subrasante (el módulo resiliente aumenta cuando baja el contenido de humedad), mejorando la calidad del camino y permitiendo el uso de capas más delgadas. En la **tabla 46** se indican los tiempos de drenaje recomendados por AASHTO, estas recomendaciones están basadas en el tiempo requerido para drenar la capa de base hasta un grado de saturación del 50%. Sin embargo, el criterio del 85% de saturación reduce en forma significativa el tiempo real usado para seleccionar la calidad del drenaje.

Tabla 46: Capacidad del drenaje para remover la humedad.

Calidad del drenaje	Aguas removidas en:	
	50% de saturación	85% de saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	De 10 a 15 horas
Malo	No drena	Mayor de 15 horas

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

Para el diseño de pavimentos rígidos se usan los coeficientes de drenaje (**Cd**), que ajustan la ecuación de diseño que considera la resistencia de la losa, las tensiones y condiciones de soporte. En este caso el coeficiente de drenaje (**Cd**), fue de **Cd= 1.00**.

Tabla 47: Coeficiente de drenaje para Pavimentos Rígidos.

Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy Pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.2.6. Cálculo del CBR de diseño.

La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193. El CBR de diseño de este tramo es de **8.00%**. Este se obtuvo con un percentil de **75.00%**. (Ver Gráfico 12 del cap. III, pág.53)

4.2.7. Módulo de Resiliencia (MR).

La base para la caracterización de los materiales de la subrasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición. Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la subrasante.

Tabla 48: Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para subrasante.

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	$Mr = 1500 * CBR$ Ec.11.
CBR > 10%	$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$ Ec.12.

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la subrasante de 8.0%, utilizaremos el primer criterio para calcular el Módulo Resiliente de la subrasante aplicando la **ecuación 11**, por tanto:

$$Mr = 1,500 \times (CBR) \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$Mr = 1,500 \times (8.0\%)$$

$$Mr = 12,000.00 \text{ lb./pulg}^2.$$

4.2.8. Coeficiente de transmisión de carga (J).

El coeficiente de transmisión de carga (J), es la capacidad que tiene una losa del pavimento de transmitir las fuerzas cortantes con sus losas adyacentes, con el objetivo de minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento. Mientras mejor sea la transferencia de cargas, mejor será el comportamiento de las losas del pavimento.

La efectividad de la transferencia de carga entre las losas adyacentes depende de varios factores:

- Cantidad de tráfico.
- Utilización de pasajuntas.
- Soporte lateral de las losas.

La utilización de pasajuntas es la manera más conveniente de lograr la efectividad en la transferencia de cargas, por lo que se recomienda su utilización cuando:

- El tráfico pesado sea mayor al 25% del tráfico total.
- El número de ejes equivalentes de diseño sea mayor de 5.0 millones de ESAL's.

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente de transmisión de carga en función de estos parámetros:

Tabla 49: Valores de Coeficiente de transmisión de carga (J).

Tipo de Pavimento	Hombro Elemento de transmisión de carga Concreto Hidráulico	
	SI	NO
No reforzado o reforzado con juntas	2.5 – 3.2	3.6 – 4.2
Reforzado continuo	2.3 – 3.9	-

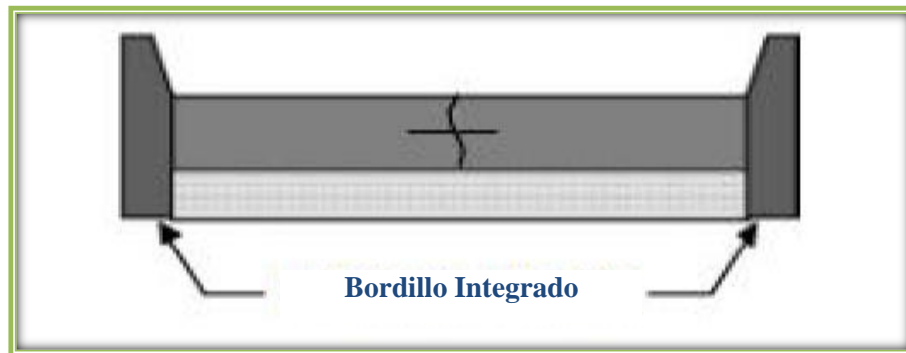
Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

La utilización de pasajuntas es la manera más conveniente de lograr la efectividad en la transferencia de carga; una condicionante para utilizar pasajuntas es que el tráfico pesado sea mayor al **25%** del tráfico total.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto y sabiendo que el tráfico pesado en el tramo representa el **24.8% (Carga 14.5%, Pasajeros 10.3%)**, del tráfico total, por lo cual no cumple con este requerimiento, concluimos no utilizar pasajuntas. (**Tabla 50**)

En cuanto al tipo de borde u hombro y de la colocación de los elementos de transmisión de carga, el pavimento de concreto estará lateralmente soportado con **Bordillo integrado**, de típica utilización en arteria Urbanas, es por eso que se adoptó un valor de **J** de **3.20**.

Imagen 3: Tipo de Soporte Lateral Propuesto.



Fuente: Sustentantes.

4.2.9. Propiedades del Concreto.

Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño de un pavimento de concreto y en su comportamiento a lo largo de su vida útil:

- a. Módulo de Elasticidad del Concreto (**Ec**).
- b. Resistencia a la tensión por flexión (**S^c**) ó Módulo de Ruptura (**MR**).

4.2.9.1. Módulo de Elasticidad del Concreto (Ec).

El Módulo de elasticidad del concreto (Ec) se puede determinar conforme el procedimiento descrito en la Gua Para Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1,993, correlacionarlo con otras características del material como es la resistencia a la compresión.

En algunos códigos se indica que, para cargas instantáneas el valor del Módulo de Elasticidad (**Ec**), se puede considerar conforme la **ecuación 14**, en este caso utilizando concreto de **280 Kg/cm²**, por tanto:

Primeramente, se procedió a la Conversión de unidades kg/cm² a PSI para el valor de **280 kg/cm²**, corresponde a:

$$\left(280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) * \left(\frac{2.205 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}\right) * \left(\frac{1 \text{ cm}^2}{0.155 \text{ pulg}^2}\right) = 3,983.226 \text{ psi} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Conociendo el **f^c** del concreto en Psi, se procedió a calcular su **Módulo de Elasticidad (Ec)**:

$$E_c = 57,000 \times \sqrt{f'_c}$$

(Ecuación 14)

En donde:

EC = Módulo de Elasticidad del concreto, PSI.

f'c = Resistencia a compresión, PSI.

$$E_c = 57,000 \times \sqrt{3,983.226}$$

$$E_c = 3,597,329.82 \text{ PSI}$$

Para el presente diseño se obtuvo un módulo de Elasticidad (**Ec**) de **3,597,327.76 psi** equivalente a 252,873.38 Kg/cm².

4.2.9.2. Módulo de Ruptura (MR).

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) o Módulo de Ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días (f'c).

Conociendo el **f'c** del concreto en **3,983.23 Psi**, el Módulo de Ruptura (**MR**), se calculó con la siguiente ecuación:

$$MR = 9.5 \times \sqrt{f'_c}$$

(Ecuación 15)

En donde:

EC = Módulo de Ruptura del concreto, PSI.

f'c = Resistencia a compresión, PSI.

$$MR = 9.5 \times \sqrt{3,983.23}$$

$$MR = 599.5 \text{ PSI} \approx 600 \text{ PSI}$$

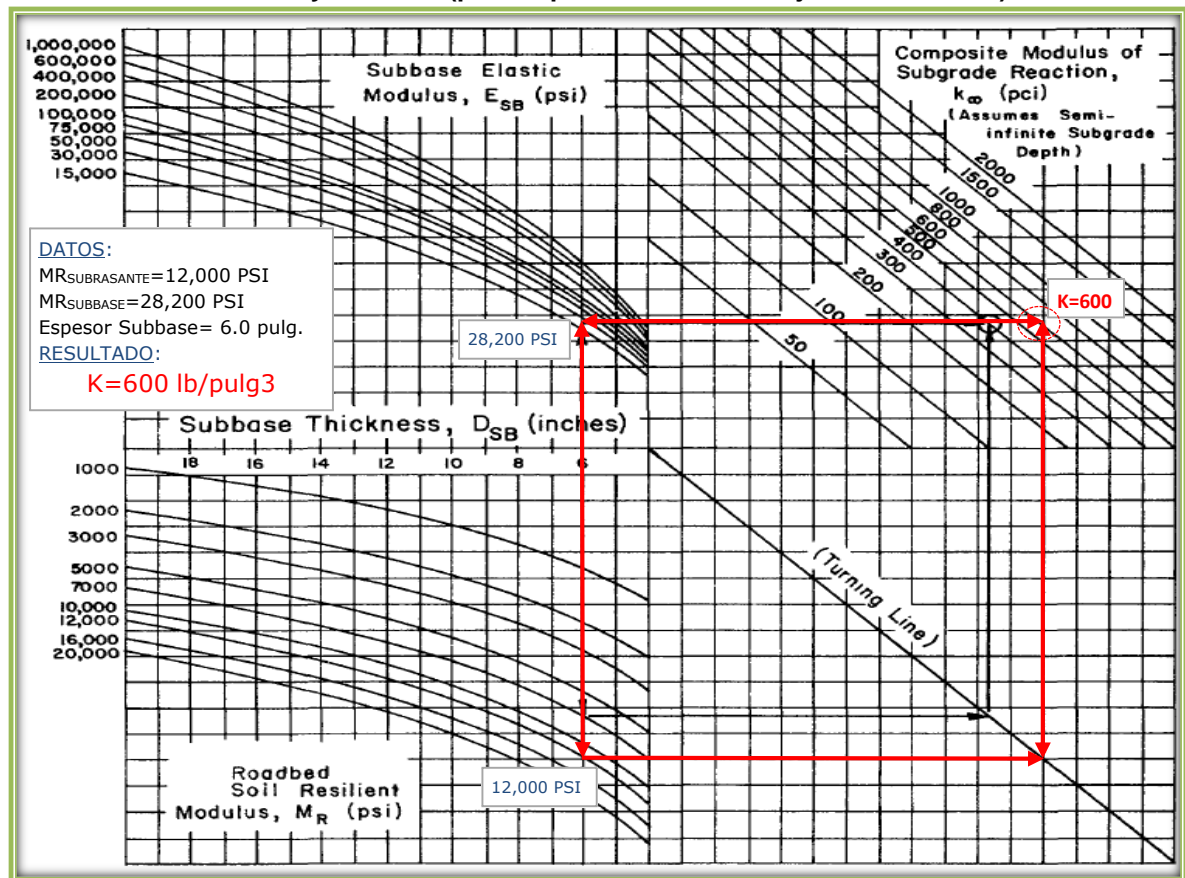
Para el presente diseño se obtuvo un módulo de ruptura (**MR**), de **600 psi**, lo cual es aceptable para este tipo de vías con clasificación Funcional de **Urbana Secundaria** (Colectoras Suburbana), además de que el tramo en estudio no es una vía por la cual circule una gran cantidad de vehículos.

4.2.10. Módulo de reacción de la subrasante (k) de diseño.

Para determinar el Módulo de Reacción de la Subrasante, el método recomienda, inicialmente, determinar los valores característicos del Módulo Resiliente para todos los meses del año, con el fin de evaluar los cambios de humedad que sufre la subrasante y la subbase en las diferentes estaciones del año, los cuales producen cambios en su capacidad de resistencia.

En base a los valores del Módulo Resiliente de la subrasante y a valores estimados del Módulo Elástico de la subbase, suponiendo un espesor infinito de la subrasante, (lo cual significa que la capa rígida se encuentra a más de 3 m de profundidad), se determinó el valor del módulo de reacción “K” por efecto combinado de la subrasante y la subbase, utilizando el ábaco del **Gráfico 14**.

Gráfico 14: Ábaco para obtener el Módulo de reacción compuesto por efecto combinado de subrasante y subbase (para espesor infinito de bajo la subrasante).



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.2.11. Factor de pérdida de soporte (Ls).

Este factor, es el valor que se le da a la pérdida de soporte que pueden llegar a tener las losas de un pavimento de concreto, por efecto de la erosión en la subbase por corrientes de agua por los asentamientos diferenciales de la subrasante.

Este factor no aparece en forma directa en la fórmula de diseño para obtener el espesor de un pavimento de concreto; pero si está en forma indirecta a través de la reducción del Módulo de reacción efectivo de la superficie (subrasante) en que se apoyan las losas. En la siguiente **tabla 50** se dan valores de **Ls** para distintos tipos de subbases y bases.

Tabla 50: Valores Típicos de Factores de Pérdida de Soporte.

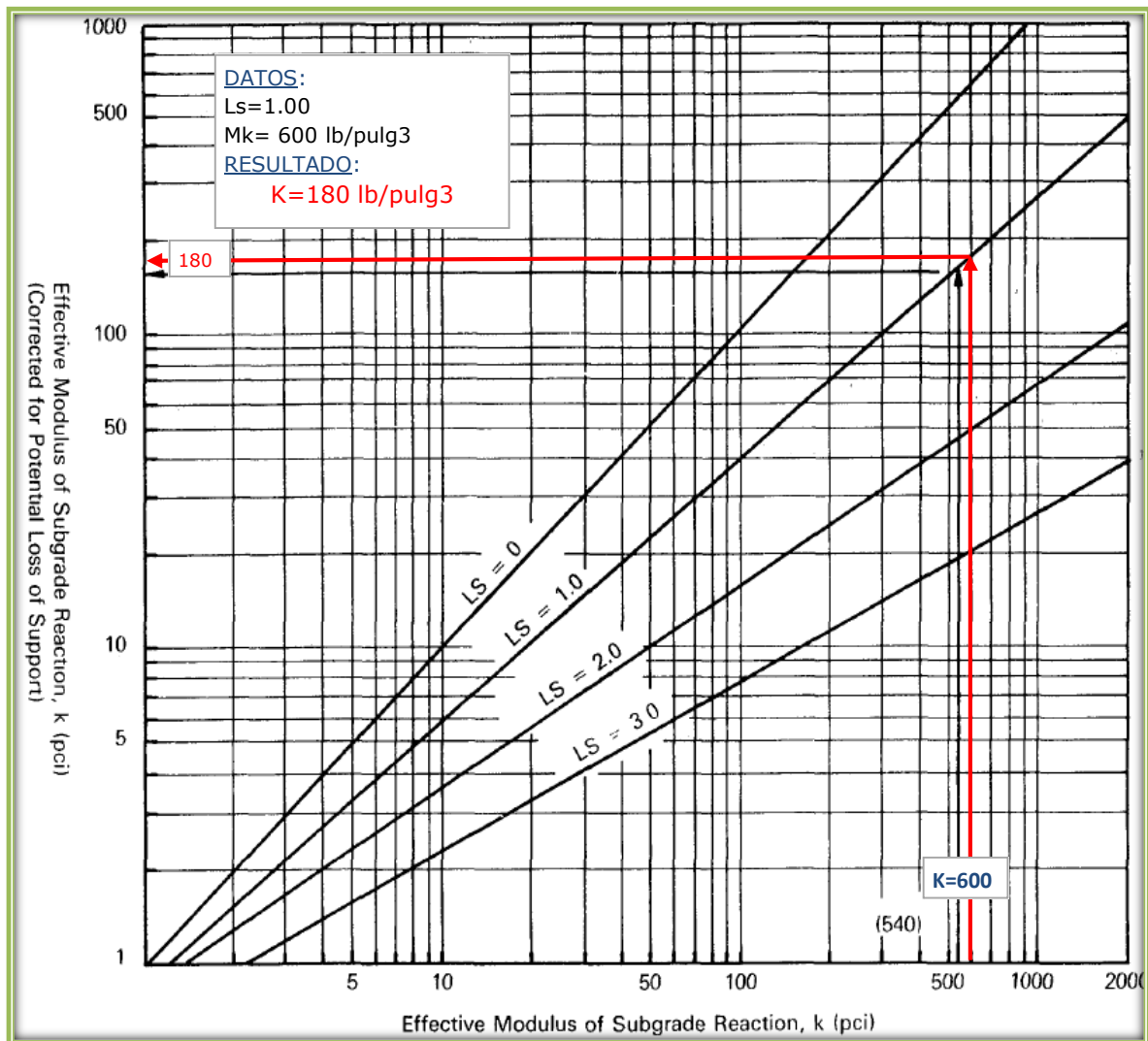
Tipo de Material	Pérdida de Soporte (LS)
Base Granular Tratada con Cemento (E=1 000 000 a 2 000 000 lb/pulg2)	0.0 a 1.0
Mezclas de Agregado y Cemento (E=500 000 a 1 000 000 lb/pulg2)	0.0 a 1.0
Base Tratada con Asfalto (E=350 000 a 1 000 000 lb/pulg2)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Materiales Bituminosos (E=40 000 a 300 000 lb/pulg2)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Cal (E=20 000 a 70 000 lb/pulg2)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin tratar (E=15 000 a 45 000 lb/pulg2)	1.0 a 3.0
Materiales de Grano Fino o Subrasante Natural (E=3 000 a 40 000 lb/pulg2)	2.0 a 3.0

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

Para el presente diseño se escogió una Pérdida de Soporte (**Ls**), de **1.00**.

Conociendo la pérdida de soporte de la subbase producida por erosión “LS”, se corrige el valor del módulo de reacción efectivo de la subrasante por medio del ábaco del **Gráfico 15**. Este valor corregido es el que se utiliza para el diseño de los espesores del pavimento rígido.

Gráfico 15: Ábaco para corregir el módulo de reacción (K) de la subrasante por pérdida de soporte de la subbase.

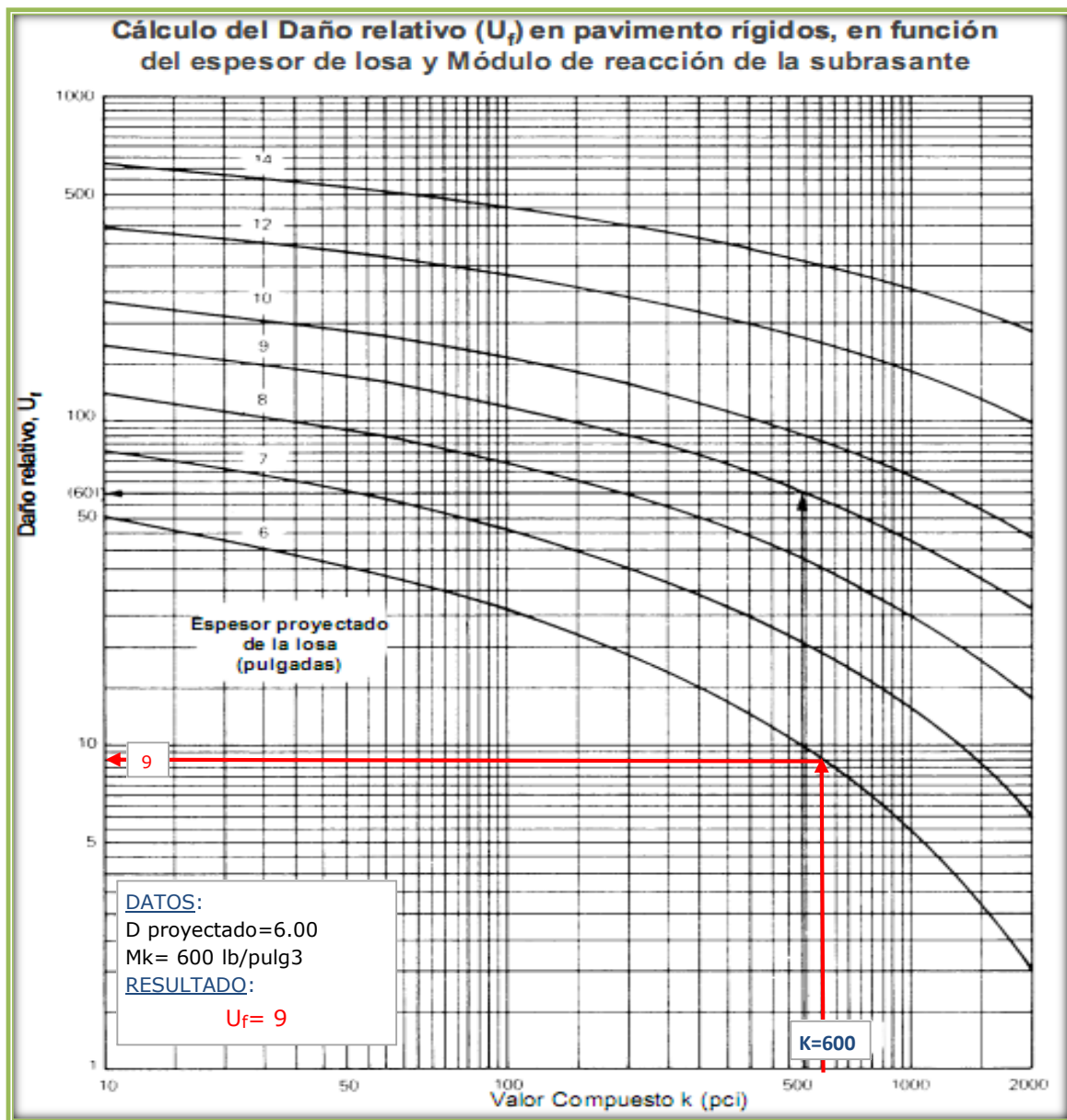


Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.2.11. Daño Relativo (U_f).

Asumiendo un espesor inicial de losa ($D = 6.00 \text{ pulg}$), y con la ayuda del nomograma del **Gráfico 15.**, se obtiene el valor relativo de deterioro (U_f) en cada mes del año, para cada uno de los valores de k , en función del espesor de losa propuesta.

Gráfico 16: Daño Relativo del Pavimento Rígido.

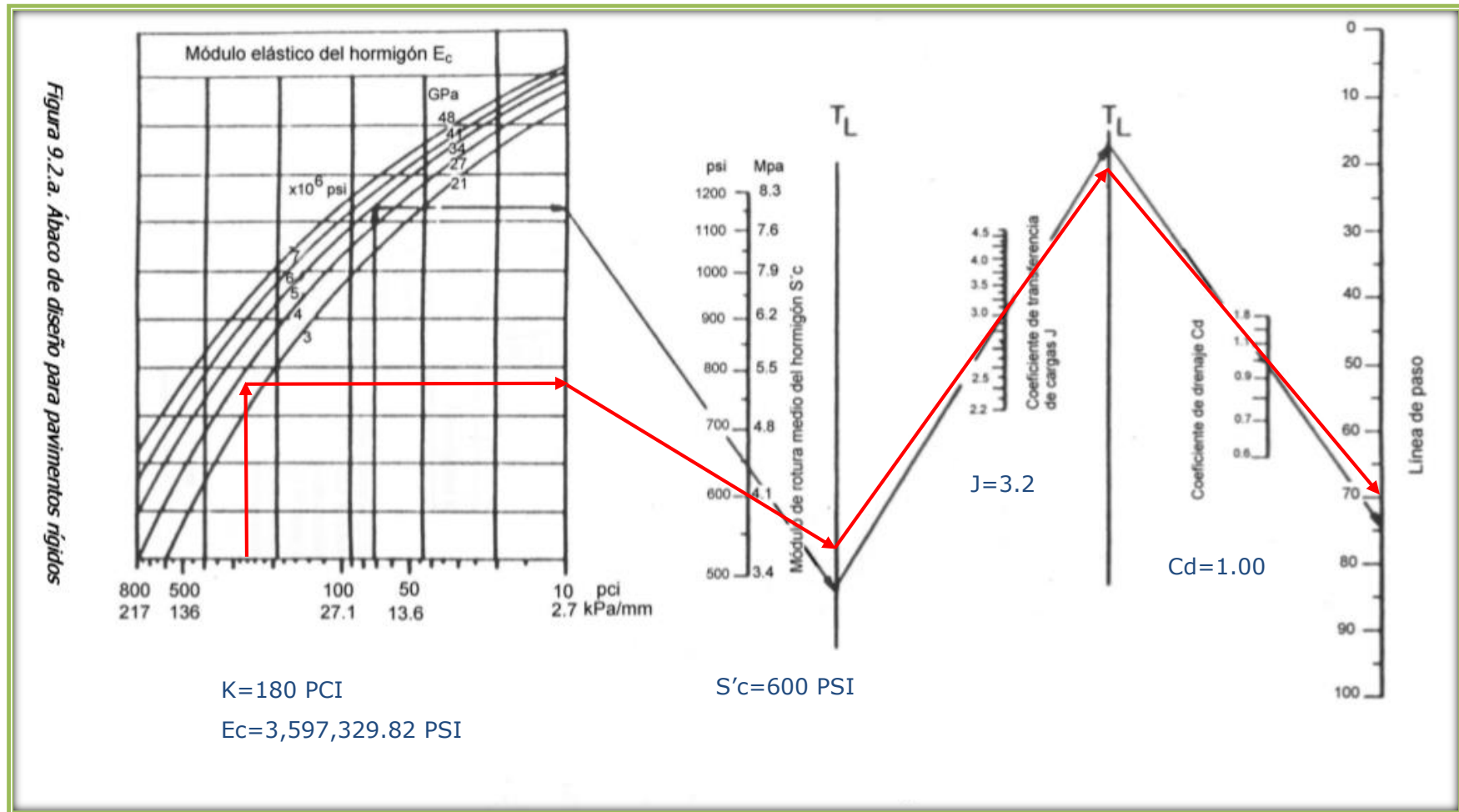


Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.2.12. Procedimiento para calcular el Espesor de Losa.

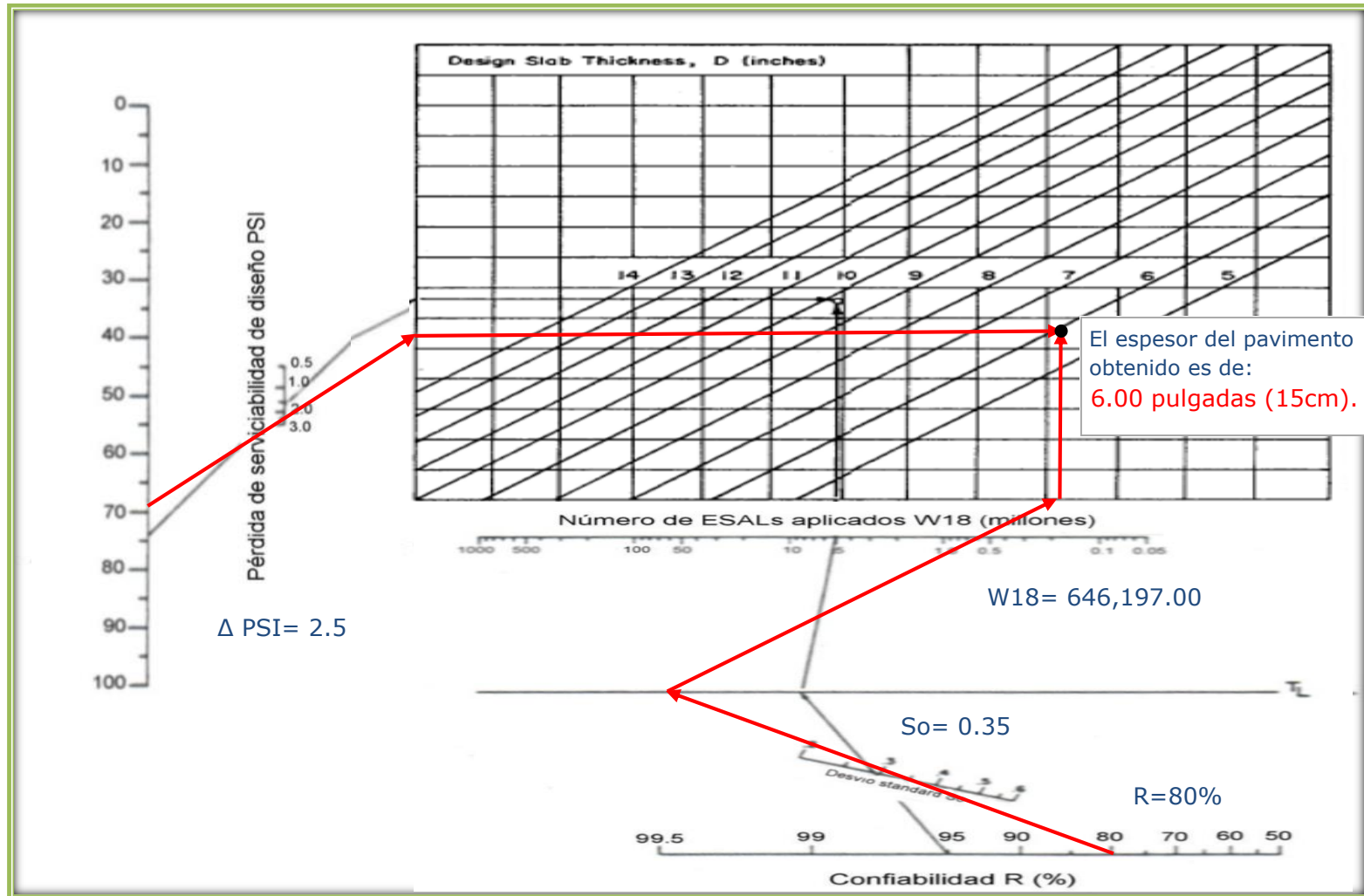
El espesor de losa, que corresponde a las condiciones de diseño, se puede calcular resolviendo la ecuación planteada por el método, o mediante el uso del ábaco que proporciona la AASHTO [Gráfico 17 y 18], o mediante programas de computación.

Gráfico 17: Ábaco de diseño para pavimentos Rígidos.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

Gráfico 18: Ábaco de diseño para pavimentos Rígidos.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.3. Espesores finales de Diseño.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la losa de concreto del tramo 1.0 kilómetros del Barrio Santo Domingo- Casco Urbano de la Ciudad de Estelí, será de **6.00 pulgadas** y la capa subbase granular será de **6 pulgadas**, los espesores detallados son los siguientes:

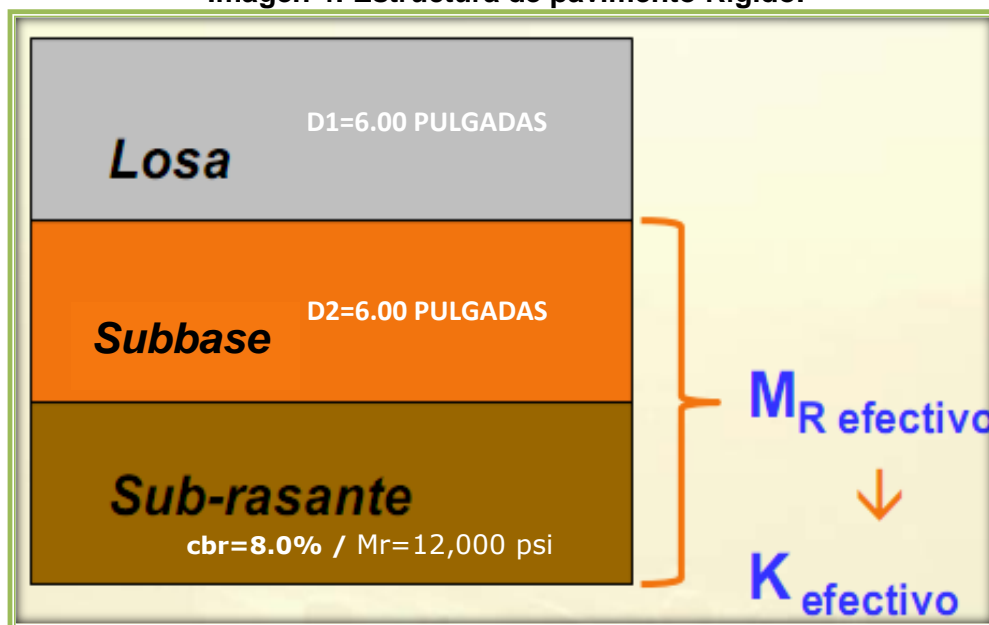
Tabla 51: Espesores de Diseño.

Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Losa de Concreto Hidráulico	6	15
Subbase granular	6	15
Espesor Total Requerido	12	30

Fuente: Sustentantes.

Tal y como se muestra en la **Imagen 4** la estructura total es de **12 pulgadas**.

Imagen 4: Estructura de pavimento Rígido.



Fuente: Sustentantes.

4. 4. Programa WinPAS 10 (Pavement Analysis Software).

Para verificar lo realizado anteriormente se procede a hacer uso del programa WinPAS (Pavement Analysis Software, versión 1.0.4), para el cual se necesitan los datos siguientes:

Tabla 52: Datos Para Utilizar en WinPAS.

Datos Para Utilizar en WinPAS.	
Confiabilidad (R)	80%
Desviación Estándar (So)	0.35
Capacidad de Servicio Inicial (Po)	4.5
Capacidad de Servicio Final (Pt)	2.0
Pérdida de Serviciabilidad Δ PSI	2.5
Número de Ejes Equivalentes (ESAL's)	646,197.00
C.B.R. de Diseño	8.0%
Módulo Resiliente Sub-rasante (MRSr)	12,000 PSI
Coeficiente de transmisión de carga (J)	3.20
Módulo de Ruptura (S'c).	600 PSI
Módulo de Elasticidad del Concreto (Ec)	3,597,329.82 PSI
Daño Relativo (Uf).	45
Módulo de reacción (K) de la subrasante	180
Coeficiente de Drenaje (Cd)	1.00

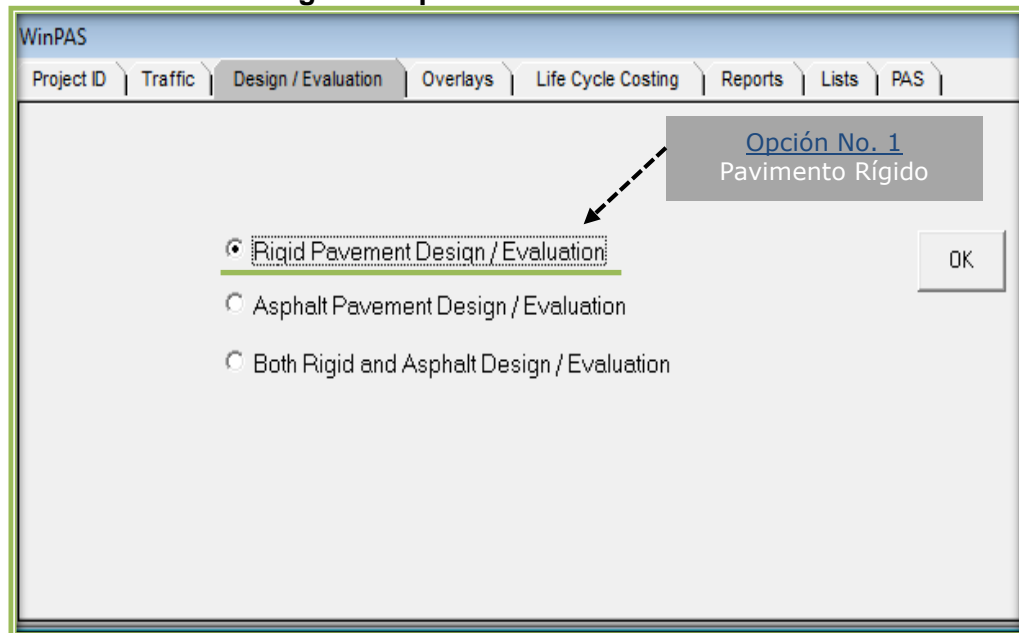
Fuente: Sustentantes.

Imagen 5: Interfaz del programa WinPAS 10.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Imagen 6: Tipo de Pavimento a Diseñar.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Imagen 7: Introducción de Datos de Diseño.

The image shows the 'Rigid Pavement Design' window. It contains a list of input fields with their values and units:

Input	Value	Unit
PCC Thickness		inches
Design ESAL	646,197	
Reliability	80.00	percent
Overall Deviation	0.35	
Modulus of Rupture	600.0	psi
Modulus of Elasticity	3,597,329.8	psi
Load Transfer, J	3.20	
Mod. Subgrade Reaction, k	180.0	psi/in
Drainage Coefficient	1.00	
Initial Serviceability, Po	4.20	
Terminal Serviceability, Pt	2.00	

At the bottom, there is a 'Solve For' button. A callout box labeled 'Solve For' points to this button, with the text 'A pulsar el programa Recalcula el espesor D'. A red warning box at the bottom left says: 'WARNING! Input Value Changed Press Solve For to Recalculate'.

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Imagen 8: Espesor requerido (D) Según WinPAS.

Rigid Pavement Design

Rigid Design Inputs

PCC Thickness	5.86	inches
Design ESAL	646,197	
Reliability	80.00	percent
Overall Deviation	0.35	
Modulus of Rupture	600.0	psi
Modulus of Elasticity	3,597,329.8	psi
Load Transfer, J	3.20	
Mod. Subgrade Reaction, k	180.0	psi/in
Drainage Coefficient	1.00	
Initial Serviceability, Po	4.50	
Terminal Serviceability, Pt	2.00	

Cross Section

OK

?

Espesor de Losa
El espesor D requerido según WinPAS es de 5.86 Pulgadas

Solve For
**Pavement Thickness
5.86 inches**

Solve For

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

El programa WinPAS en base a los datos de Diseño introducidos, evaluó y calculó el espesor que deberá tener la losa de Concreto (D), dando como resultado un Espesor de **5.86 pulgadas**, el cual es bastante similar a resultado de **6.00 pulgadas** mostrado en el Ábaco de diseño para pavimentos Rígidos (Gráfico 16 – Gráfico 17, págs. 68 – 69).

4. 5. Modulación de la losa de Concreto.

La modulación de losas se refiere a definir la forma que tendrán los tableros de losas del pavimento. Esta forma se da en base a las dimensiones de tableros, o dicho de otra manera, a la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales. La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento.

Existe una regla práctica que nos permite dimensionar los tableros de losas para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes, sin necesidad de colocar acero de refuerzo continuo:

$$\text{SJT} = (21 \text{ a } 24) D \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

SJT = Separación de Junta Transversal (≤ 5.0 m)

D = Espesor del Pavimento (6 pulgadas ≈ 0.150 metros).

Normalmente se utiliza el 21 cuando tenemos mayor fricción entre la subbase y el pavimento de concreto, como en los casos en donde tenemos bases estabilizadas, bases con textura muy cerrada.

El valor de 24 se utiliza cuando la fricción entre la subbase y el pavimento corresponde a valores normales, como en el caso de subbase granulares.

$$\text{SJT} = 24 * 0.150 \text{ metros}$$

$$\text{SJT} = 3.60 \text{ metros} < 5 \text{ metros. OK.}$$

La separación de junta transversal es de 3.7 m < 5 m, lo que es adecuado para la inducción del agrietamiento controlado bajo sus cortes.

La otra dimensión relacionada con la modulación de losas es la separación de juntas longitudinales. La forma ideal de un tablero de losa es la cuadrada, sin embargo, debido a que el actual ancho de carril de la vía se encuentra ya definido en **3.10 metros**, se considerará un tablero rectangular que cumple con la condición de diseño. De lo anterior obtenemos las siguientes dimensiones del tablero para el tramo en estudio.

Tabla 53: Dimensiones de tablero.

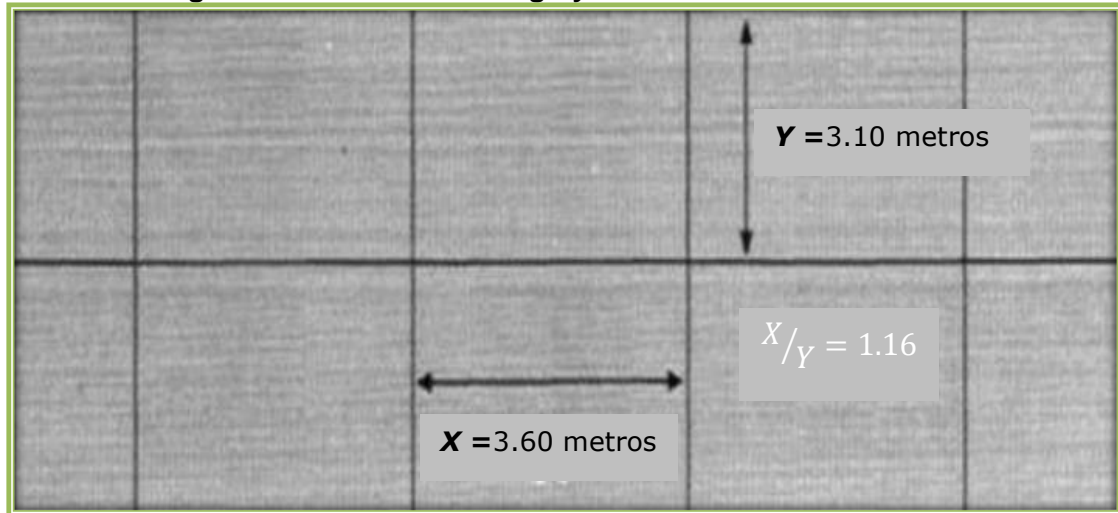
Tramo	Largo (metros)	Ancho (metros)	Espesor (metros)
1 kilómetro de Concreto Hidráulico Barrio Santo Domingo-Casco Urbano, Ciudad de Estelí	3.60	3.10	0.15

Fuente: Sustentantes.

La relación entre largo (**L = 3.60 metros**) y ancho (**A = 3.10 metros**) de un tablero de losas no deberá estar fuera de los límites 0.71 a 1.4. En la modulación de losa la relación del tablero da como resultado:

$$0.71 \leq 1.16 \leq 1.4$$

Imagen 9: Relación entre largo y ancho de un tablero de losa.



Fuente: Sustentantes.

4. 5. 1. Diseño de Juntas.

Debido a los cambios volumétricos que por su naturaleza experimenta el concreto y a los sistemas constructivos de los pavimentos rígidos, se hace necesaria la construcción de juntas y/o uniones entre paños o losas de un pavimento. Además, tiene las siguientes funciones:

- Controla el agrietamiento transversal y longitudinal.
- Divide el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo.
- Permite el movimiento y alabeo de las losas por efecto de las cargas de tránsito.
- Permite transferencias de cargas entre losas.

De acuerdo a la **tabla 53** y a la **Imagen 9**, se establece para un espesor de **6.00 pulgadas** (15 centímetros), los siguientes dimensionamientos:

El espaciamiento entre juntas (Columna 1), resultando **360.0 centímetros**.

La profundidad de corte de la junta (Columna 2), resultando **5.0 centímetros**.

La profundidad del material de sellado (Columna 3), resultando **1.0 centímetros**.

El Ancho del corte de la junta (Columna 2), resultando **0.50 centímetros**.

Tabla 54: Resumen de especificaciones para colocación de juntas.

Espesor de losa (cm)	1	2	3	4
	Espaciamiento entre juntas (cm)	Profundidad de corte de juntas (cm)	Profundidad del material de sellado (cm)	Ancho del corte para la junta (cm)
15	360	5.00	1.00	0.50
16	384	5.33	1.07	0.53
17	408	5.67	1.13	0.57
18	432	6.00	1.20	0.60
19	456	6.33	1.27	0.63
20	480	6.67	1.33	0.67
21	504	7.00	1.40	0.70
22	528	7.33	1.47	0.73
23	552	7.67	1.53	0.77
24	576	8.00	1.60	0.80
25	600	8.33	1.67	0.83
26	624	8.67	1.73	0.87
27	648	9.00	1.80	0.90
28	672	9.33	1.87	0.93
29	696	9.67	1.93	0.97
30	720	10.00	2.00	1.00
31	744	10.33	2.07	1.03
32	768	10.67	2.13	1.07
33	792	11.00	2.20	1.10
34	816	11.33	2.27	1.13
35	840	11.67	2.33	1.17

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4. 5. 2. Diseño de pasajuntas.

Las barras pasajuntas o dovelas se colocan en las juntas transversales y su función principal es transferir la carga de una losa a la otra, para que cuando pase el vehículo no exista lo que se conoce como escalonamiento; y la llanta del vehículo impacte con el canto o borde de la otra losa produciendo un descascaramiento del borde y con el tiempo el fracturamiento de la losa en esa vecindad.

De acuerdo a la **Tablas 56** se establece para un espesor de 6.00 pulgadas (15 centímetros) los siguientes dimensionamientos:

- El diámetro de las pasajuntas equivale a **Varilla $\frac{3}{4}$** (No.10).
- El largo de las pasajuntas será **41 centímetros**.
- La profundidad de instalación de las pasajuntas será de 1/2 del espesor de la losa (D), equivalente a **7.5 centímetros**.
- La separación recomendable entre pasajuntas será de **30 centímetros**.

Tabla 55: Recomendaciones de espaciamiento máximo para barras de amarre.

Espesor	Tamaño de varilla	Distancia al extremo libre			
		305 cm	366 cm	427 cm	732 cm
12.7	1.27x61	76 cm	76 cm	76 cm	71 cm
14	1.27x64	76 cm	76 cm	76 cm	64 cm
15.0	1.27x66	76 cm	76 cm	76 cm	58 cm
16.5	1.27x69	76 cm	76 cm	76 cm	53 cm
17.8	1.27x71	76 cm	76 cm	76 cm	51 cm
19.1	1.27x74	76 cm	76 cm	76 cm	46 cm
20.3	1.27x76	76 cm	76 cm	76 cm	43 cm
21.6	1.27x79	76 cm	76 cm	71 cm	41 cm
22.9	1.59x76	91 cm	91 cm	91 cm	61 cm

Fuente: Pavimentos de concreto. CEMEX.

Tabla 56: Diámetro y longitudes recomendadas en pasajuntas.

Espesor		Diámetro de varilla			Longitud de Barra Pasajuntas		Separación	
cm	in	No. Varilla	mm	Nominal	cm	in	cm	In
13 a 15	5 a 6	6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	10	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	12	38	1 1/2	51	20	30	12

Fuente: Pavimentos de concreto. CEMEX.

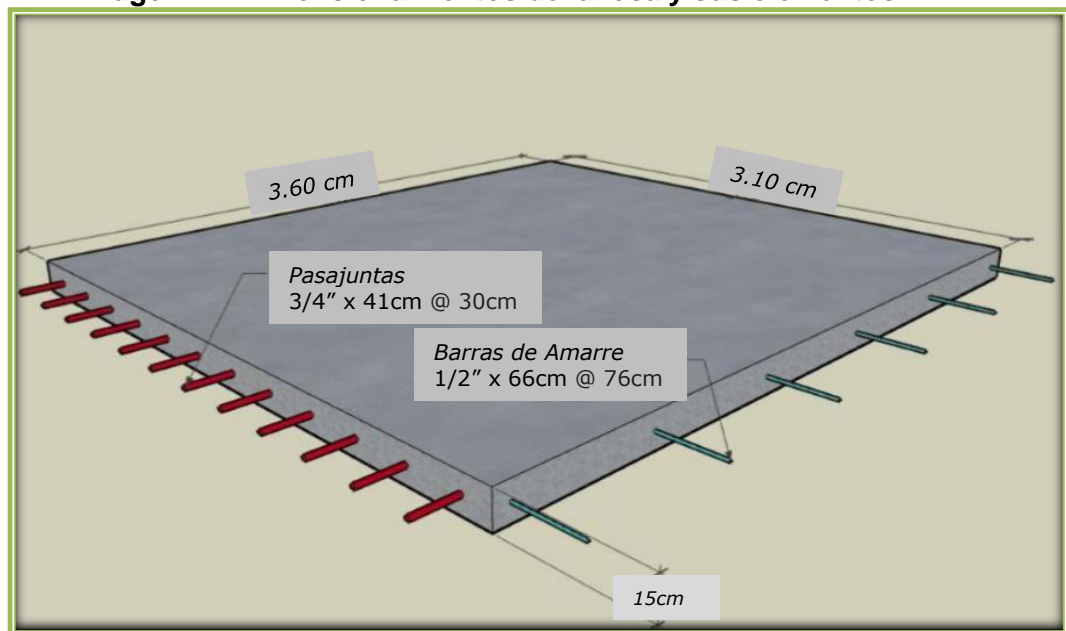
No se propone otro diámetro, puesto que el método ya ha realizado una revisión integral para cada tipo de espesor y la barra a utilizar. En la **Imagen 11** se ilustra el dimensionamiento de la losa y sus elementos.

Imagen 10: Dimensionamientos de las pasajuntas.



Fuente: Sustentantes.

Imagen 11: Dimensionamientos de la losa y sus elementos.



Fuente: Sustentantes.

CAPITULO V

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

2018

5.1. Metodología.

Para el Estudio Hidrológico se utilizaron los datos hidrológicos proporcionados por INETER de la estación Cóndega que es la más cerca al proyecto y utilizando los criterios de la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA), se realizaron los cálculos datos de cada Sub-cuenca. Se utilizó el Método Racional que se utiliza para cuencas menores a 300 hectáreas. Se procedió a delimitar las cuencas hidrográficas de las corrientes haciendo uso de Google Earth Pro (Versión 7.3.2).

5.1.1. Estudio Hidrológico.

En el estudio hidrológico de las cuencas se presentan los procedimientos y resultados para determinar el dimensionamiento de las obras a instalar en los cruces de corrientes que afectan la carretera en el proyecto.

5.1.1.1. Diseño del sistema de drenaje pluvial (Método Racional).

La estimación de los caudales máximos se calculó en base al Método Racional, el cual se basa en la determinación del coeficiente de escorrentía a partir de las precipitaciones. La fórmula es:

$$Q = 0.2778 * C * I * A \quad \text{(Ecuación 17)}$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s).

I: Intensidad de la lluvia (mm/hora).

A: Área de drenaje de la subcuenca (km²).

C: Coeficiente de escorrentía.

5.1.1.2. Subcuencas Hidrológicas Identificadas.

Durante el reconocimiento de campo se realizó un recorrido por el trazado del camino poniendo atención en todos los elementos que identifican los cruces de los cursos de agua por la vía propuesta, con el apoyo de imágenes obtenidas de **Google Earth Pro (Versión 7.3.2)**, se obtuvo lo siguiente:

- El terreno es bastante plano por lo que en épocas de lluvia las aguas pluviales se quedan estancadas.
- Se identificaron un Total de 30 subcuencas, de las cuales 17 pertenecen a cunetas y 13 para Badenes. **(Ver Anexos (Imágenes 52-54), págs. XXV-XXVII).**

Imagen 12: Subcuenca Identificadas (Cunetas, Est. 0+000 – 0+615).



Fuente: Google Earth Pro (Versión 7.3.2).

Imagen 13: Subcuenca Identificadas (Cunetas, Est. 0+615 – 1+000).



Fuente: Google Earth Pro (Versión 7.3.2).

Tabla 57: Características de Sub- cuencas Cunetas.

SUB CUENCAS	Estación		Área	Elevación		Longitud
				Máxima	Mínima	
	Inicial	Final	Km ²	msnm	msnm	metros
SC-1	0+000	0+055	0.000981	846	845	55
SC-2	0+055	0+112	0.001334	847	846	57
SC-3	0+056	0+112	0.000935	847	846	56
SC-4	0+121	0+206	0.001857	848	847	85
SC-5	0+121	0+185	0.000903	848	847	63
SC-6	0+192	0+281	0.001478	848	847	89
SC-7	0+215	0+283	0.001570	848	847	68
SC-8	0+296	0+381	0.001918	849	848	85
SC-9	0+293	0+381	0.001487	849	848	92
SC-10	0+395	0+482	0.001802	850	849	87
SC-11	0+395	0+481	0.001464	850	849	86
SC-12	0+482	0+504	0.002287	852	850	108
SC-13	0+615	0+779	0.001871	853	851	164
SC-14	0+620	0+780	0.001048	853	851	173
SC-15	0+779	1+000	0.005294	860	854	221
SC-16	0+779	0+931	0.002497	857	854	154
SC-17	0+940	0+996	0.000889	859	857	56

Fuente: Sustentantes.

Imagen 14: Subcuenca Identificadas (Badenes, Est. 0+000 – 0+615).



Fuente: Google Earth Pro (Versión 7.3.2).

Imagen 15: Subcuenca Identificadas (Badenes, Est. 0+615 – 1+000).



Fuente: Google Earth Pro (Versión 7.3.2).

Tabla 58: Características de Sub- cuencas Badenes.

SUB CUENCAS	Estación		Área Km ²	Elevación		Longitud m metros
	Inicial	Final		Máxima msnm	Mínima msnm	
SC-18	0+000		0.004142	847	845	184
SC-19	0+092		0.002038	847	846	139
SC-20	0+115		0.001200	848	847	104
SC-21	0+115		0.003161	848	847	163
SC-22	0+188		0.001727	849	847	128
SC-23	0+210		0.002350	849	848	168
SC-24	0+298		0.001692	849	848	133
SC-25	0+298		0.003276	850	848	171
SC-26	0+397		0.003234	850	848	165
SC-27	0+397		0.003206	851	848	168
SC-28	0+481		0.002081	852	850	92
SC-29	0+782		0.003113	856	854	196
SC-30	0+937		0.001482	859	857	115

Fuente: Sustentantes.

5.1.1.3. Período de Retorno (PR).

La lluvia de diseño de un sistema de aguas lluvias es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía, o sea el período de retorno de esta. Como adaptación de la infraestructura ante los procesos del cambio climático, según el criterio del Past-Danida, establecemos:

Tabla 59: Periodo de Retorno (PR) por tipo de Obra.

Obra de Drenaje: Cunetas	
Periodo de Retorno (PR)	Tipo de Obra
25 años	Cunetas
25 años	Badenes

Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

5.1.1.4. Pendiente (Sc).

Es la pendiente del fondo del cauce principal, se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$Sc = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}}{L} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Dónde:

Sc: Pendiente en m/m.

Hmáx: Elevación máxima de la subcuenca.

Hmín: Elevación mínima de la subcuenca.

L: Longitud.

Tabla 60: Valores de Sc para Cunetas.

SUB CUENCAS	Estación		Long	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
	Inicial	Final	metros	Msnm	msnm	m/m	%
SC-1	0+000	0+055	55	846	845	0.0182	1.82%
SC-2	0+055	0+112	57	847	846	0.0175	1.75%
SC-3	0+056	0+112	56	847	846	0.0178	1.78%
SC-4	0+121	0+206	85	848	847	0.0118	1.18%
SC-5	0+121	0+185	63	848	847	0.0158	1.58%
SC-6	0+192	0+281	89	848	847	0.0112	1.12%
SC-7	0+215	0+283	68	848	847	0.0147	1.47%
SC-8	0+296	0+381	85	849	848	0.0118	1.18%
SC-9	0+293	0+381	92	849	848	0.0109	1.09%
SC-10	0+395	0+482	87	850	849	0.0115	1.15%
SC-11	0+395	0+481	86	850	849	0.0116	1.16%
SC-12	0+482	0+504	108	852	850	0.0185	1.85%
SC-13	0+615	0+779	164	853	851	0.0122	1.22%
SC-14	0+620	0+780	173	853	851	0.0116	1.16%
SC-15	0+779	1+000	221	860	854	0.0271	2.71%
SC-16	0+779	0+931	154	857	854	0.0195	1.95%
SC-17	0+940	0+996	56	859	857	0.0357	3.57%

Fuente: Sustentantes.

Tabla 61: Valores de Sc para Badenes.

SUB CUENCAS	Estación		Long	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
	Inicial	Final	metros	Msnm	msnm	m/m	%
SC-18	0+000		184	847	845	0.0109	1.09%
SC-19	0+092		139	847	846	0.0072	0.72%
SC-20	0+325		104	848	847	0.0096	0.96%
SC-21	0+418		163	848	847	0.0061	0.61%
SC-22	0+517		128	849	847	0.0156	1.56%
SC-23	0+688		168	849	848	0.0060	0.60%
SC-24	0+775		133	849	848	0.0075	0.75%
SC-25	1+000		171	850	848	0.0117	1.17%
SC-26	1+001		165	850	848	0.0121	1.21%
SC-27	1+001		168	851	848	0.0179	1.79%
SC-28	1+002		92	852	850	0.0217	2.17%
SC-29	1+003		196	856	854	0.0102	1.02%
SC-30	1+004		115	859	857	0.0174	1.74%

Fuente: Sustentantes.

5.1.1.5. Coeficiente de Escorrentía (C).

El coeficiente de escorrentía “C” está dado en dependencia de tres factores; el tipo de suelo, el uso del suelo y de la pendiente del suelo, se define como la proporción de la precipitación total que circula hacia el drenaje y está dada por la ecuación:

$$C = Us * Ts * Pt \quad (\text{Ecuación 19})$$

Dónde:

Us: uso del suelo.

Ts: tipo de suelo.

Pt: pendiente del terreno en %

Los valores del tipo de suelo, uso de suelo y pendiente del suelo son tomados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 62: Coeficiente de escorrentía (C).

Uso de Suelo	Us
Zona Urbana (Viviendas, Negocios)	0.20
Tipo de Suelo	Ts
Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
Pendiente del Terreno (%)	Pt
0.00 - 3.00	1.00

Fuente: Loaisiga Tirado & Lanza (2011).

El Valor del tipo de suelo será de **Us=0.20**, el uso de suelo **Ts=1.50** y las pendientes del suelo varían desde 0% a 3.2%, por lo que los valores serán **Pt= 1.00** y **Pt= 1.50**.

Tabla 63: Coeficiente de Escorrentía por tipo de Obra de Drenaje.

Cunetas							
SUB CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
SC-1, SC-2, SC-5 SC-6 SC-9 SC-10 SC-13, SC-15, SC-16, SC-18, SC-19	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.21%	1.00	0.300
Badenes							
SUB CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
SC-3, SC-4, SC-7, SC-8, SC-11, SC-12, SC-17, SC-20	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.21%	1.00	0.300

Fuente: Sustentantes.

5.1.1.6. Tiempo de Concentración (Tc).

Se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto a la salida de la cuenca hidrográfica.

Se calcula aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

$$tc = 0.0041 \left[\frac{3.28L}{\sqrt{Sc}} \right]^{0.77} \quad \text{(Ecuación 20)}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud máxima en metros.

S: Pendiente media del terreno.

Los valores obtenidos de Tc por tipo de obra de drenaje son los siguientes:

Tabla 64: Valores de Tc para Cunetas.

SUB CUENCAS	Longitud	Sc	tc	Tc (Mínimo Recomendado) PAST-DANIDA
	m	m/m	minutos	minutos
SC-1	55	0.0182	1.04	5.00
SC-2	57	0.0175	1.09	5.00
SC-3	56	0.0178	1.08	5.00
SC-4	85	0.0118	1.72	5.00
SC-5	63	0.0158	1.23	5.00
SC-6	89	0.0112	1.84	5.00
SC-7	68	0.0147	1.34	5.00
SC-8	85	0.0118	1.73	5.00
SC-9	92	0.0109	1.90	5.00
SC-10	87	0.0115	1.78	5.00
SC-11	86	0.0116	1.76	5.00
SC-12	108	0.0185	1.75	5.00
SC-13	164	0.0122	2.83	5.00
SC-14	173	0.0116	3.01	5.00
SC-15	221	0.0271	2.62	5.00
SC-16	154	0.0195	2.25	5.00
SC-17	56	0.0357	0.82	5.00
NOTA: Según el PAST-DANIDA (2004), recomienda que en cuencas muy pequeñas en donde los valores de Tc sean menores a 5 minutos, se adopta este valor.				

Fuente: Sustentantes.

Tabla 65: Valores de Tc para Badén.

SUB CUENCAS	L	Sc	tc	Tc (Mínimo Recomendado) PAST-DANIDA
	m	m/m	minutos	minutos
SC-18	184	0.0109	3.24	5.00
SC-19	139	0.0072	3.06	5.00
SC-20	104	0.0096	2.19	5.00
SC-21	163	0.0061	3.67	5.00
SC-22	128	0.0156	2.13	5.00
SC-23	168	0.0060	3.80	5.00
SC-24	133	0.0075	2.90	5.00
SC-25	171	0.0117	2.97	5.00
SC-26	165	0.0121	2.85	5.00
SC-27	168	0.0179	2.49	5.00
SC-28	92	0.0217	1.45	5.00
SC-29	196	0.0102	3.48	5.00
SC-30	115	0.0174	1.88	5.00
NOTA: Según el PAST-DANIDA (2004), recomienda que en cuencas muy pequeñas en donde los valores de Tc sean menores a 5 minutos, se adopta este valor.				

Fuente: Sustentantes.

5.1.1.7. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al tiempo de concentración (T_c) de la cuenca. Los valores de las intensidades se pueden obtener a partir de las curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) que elabora INETER o determinarse mediante cálculo con las ecuaciones que se ajustan a dichas curvas calculadas por el mismo instituto.

$$I = \frac{A}{(T_c + d)^b} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Dónde:

A, d y n: Valores determinados con los datos de intensidad de lluvia.

I: Intensidad de lluvia (mm/hora).

T_c: Tiempo de concentración en minutos.

Para realizar este cálculo se utilizarán los valores de la estación meteorológica de Cóndega en el departamento de Estelí que es la más cercana al proyecto, considerando un periodo de retorno de 25 años para cunetas y 25 años para Badenes. (Ver Anexos (Tablas 95-96, Imagen 51, Gráfico 20), págs. XXIII-XXIV).

Tabla 66: Valores a utilizar de A, d y b.

Valores a utilizar para cálculo de Intensidad (I)	
CUNETAS - BADENES	
A	4502.393
d	22
b	0.969
NOTA: Los valores de A, d y b, extraídos de los datos de la estación Meteorológica Condega, para un periodo de retorno de 25 años.	

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se presenta la memoria de cálculo del análisis hidrológico:

Tabla 67: Cálculo de Intensidades y Caudales para Cunetas.

SUB CUENCAS	tc	A	d	b	I	Q
	minutos				mm/hora	m³/s
SC-1	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.015
SC-2	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.021
SC-3	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.014
SC-4	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.029
SC-5	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.014
SC-6	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.023
SC-7	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.024
SC-8	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.030
SC-9	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.023
SC-10	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.028
SC-11	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.023
SC-12	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.035
SC-13	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.029
SC-14	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.016
SC-15	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.081
SC-16	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.038
SC-17	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.014

Fuente: Sustentantes.

Tabla 68: Cálculo de Intensidades y Caudales para Badenes.

SUB CUENCAS	tc	A	d	b	I	Q
	minutos				mm/hora	m³/s
SC-18	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.064
SC-19	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.031
SC-20	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.018
SC-21	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.049
SC-22	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.027
SC-23	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.036
SC-24	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.026
SC-25	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.050
SC-26	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.050
SC-27	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.049
SC-28	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.032
SC-29	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.048
SC-30	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.023

Fuente: Sustentantes.

5.2. Diseño Hidráulico de Obras Propuestas.

Para el dimensionamiento de las estructuras de drenaje (cunetas y Badenes) a trabajar en el tramo se realizó el diseño hidráulico, aplicando el software H canales que tiene su base teórica en la fórmula de Manning y a la vez usando sus coeficientes de rugosidad.

5.2.1. Coeficiente de Rugosidad (n).

Son valores adimensionales dados para el tipo de material por la cual estará conformada la estructura de drenaje (cunetas, Badenes), en nuestro caso se utiliza un valor de **n=0.013**.

Tabla 69: Coeficientes de rugosidad (n).

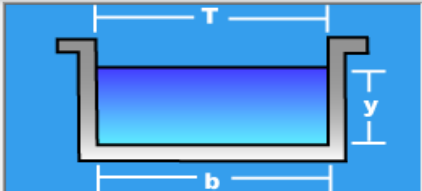
Material	Coeficiente n
Concreto	0.013

Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

5.2.2. Dimensionamiento de Cunetas.

A continuación, se presenta el chequeo de la sección de cuneta con diferentes caudales, considerando las pendientes y el tipo de material a utilizar. En el programa se utilizó una sección Rectangular, ya que es la sección que más se asemeja al tipo de obra propuesta, utilizando un Ancho de Solera (b), de 0.30 metros.

Imagen 16: Cuneta SC-1.

Datos:		
Caudal (Q):	0.015	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.30	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.0182	m/m
		
Resultados:		
Tirante normal (y):	0.0452	m
Area hidráulica (A):	0.0136	m ²
Espejo de agua (T):	0.3000	m
Número de Froude (F):	1.6591	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	0.3905	m
Radio hidráulico (R):	0.0348	m
Velocidad (v):	1.1052	m/s
Energía específica (E):	0.1075	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 17: Cuneta SC-2.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.021"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0175"/>	m/m

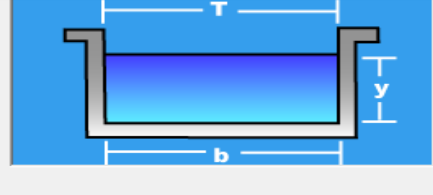


Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0574"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0172"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.6259"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4148"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0415"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.2199"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1332"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 18: Cuneta SC-3.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.014"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0178"/>	m/m

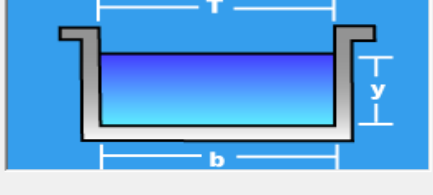


Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0435"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0131"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.6398"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.3871"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0337"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.0717"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1021"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 19: Cuneta SC-4.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.029"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0118"/>	m/m



Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0820"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0246"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.3148"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4640"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0530"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.1791"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1528"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 20: Cuneta SC-5.

Datos:	
Caudal (Q):	0.014 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.30 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.0158 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0453 m	Perímetro (p):	0.3906 m
Área hidráulica (A):	0.0136 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0348 m
Espejo de agua (T):	0.3000 m	Velocidad (v):	1.0304 m/s
Número de Froude (F):	1.5458	Energía específica (E):	0.0994 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 21: Cuneta SC-6.

Datos:	
Caudal (Q):	0.030 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.30 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.0118 m/m

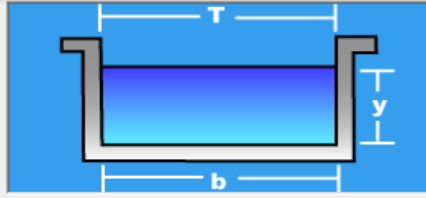


Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0839 m	Perímetro (p):	0.4679 m
Área hidráulica (A):	0.0252 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0538 m
Espejo de agua (T):	0.3000 m	Velocidad (v):	1.1912 m/s
Número de Froude (F):	1.3126	Energía específica (E):	0.1563 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 22: Cuneta SC-7.

Datos:	
Caudal (Q):	0.024 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.30 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.0147 m/m

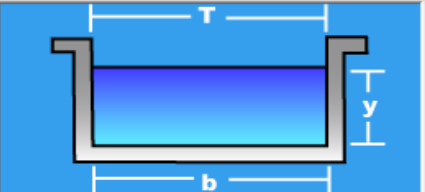


Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0667 m	Perímetro (p):	0.4333 m
Área hidráulica (A):	0.0200 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0462 m
Espejo de agua (T):	0.3000 m	Velocidad (v):	1.2000 m/s
Número de Froude (F):	1.4839	Energía específica (E):	0.1401 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 23: Cuneta SC-8.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.030"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0118"/>	m/m

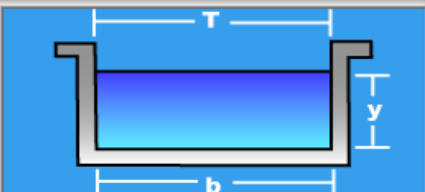


Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0839"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0252"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.3126"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4679"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0538"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.1912"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1563"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 24: Cuneta SC-9.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.023"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0109"/>	m/m



Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0717"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0215"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.2737"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4435"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0485"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.0686"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1299"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 25: Cuneta SC-10.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.028"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0115"/>	m/m

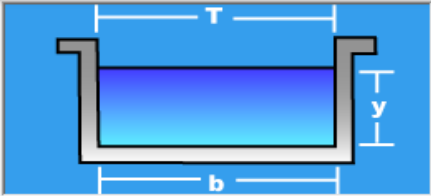


Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0807"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0242"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.2994"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4614"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0525"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.1563"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1489"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 26: Cuneta SC-11.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.023"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0116"/>	m/m

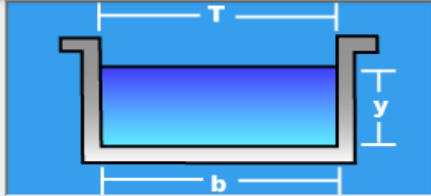


Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0702"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0211"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.3153"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4405"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0478"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.0917"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1310"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 27: Cuneta SC-12.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.035"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0185"/>	m/m

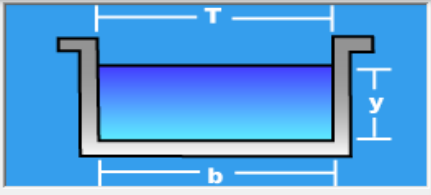


Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0799"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0240"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.6492"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4598"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0521"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.4601"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1886"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 28: Cuneta SC-13.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.029"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0122"/>	m/m

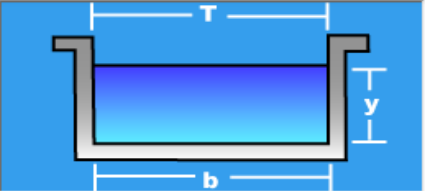


Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0810"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0243"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.3380"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4621"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0526"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.1929"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1536"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 29: Cuneta SC-14.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.016"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0116"/>	m/m

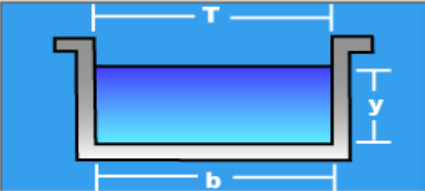


Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0549"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0165"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.3246"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4098"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0402"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="0.9719"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1030"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 30: Cuneta SC-15.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.081"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0271"/>	m/m

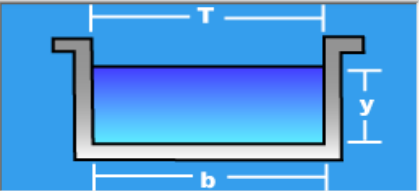


Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1270"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0381"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.9043"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.5540"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0688"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="2.1257"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3573"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 31: Cuneta SC-16.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.038"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0195"/>	m/m



Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0831"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0249"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.6887"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4662"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0535"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.5245"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2015"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 32: Cuneta SC-17.

Datos:		
Caudal (Q):	0.014	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.30	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.0357	m/m

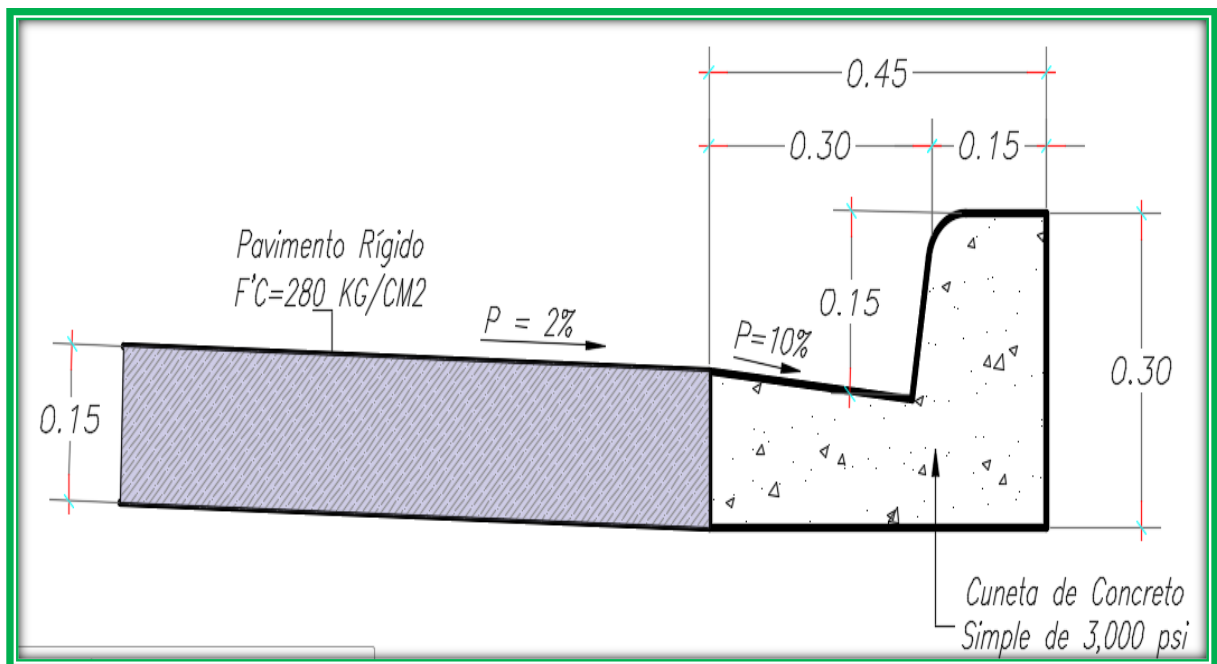


Resultados:		
Tirante normal (y):	0.0347	m
Área hidráulica (A):	0.0104	m ²
Espejo de agua (T):	0.3000	m
Número de Froude (F):	2.3068	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	0.3694	m
Radio hidráulico (R):	0.0282	m
Velocidad (v):	1.3456	m/s
Energía específica (E):	0.1270	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

De acuerdo con los resultados de Hidráulicos el tirante (Y), de mayor importancia obtenido es el de la **Sc-15 (0.12 metros)**, en base a esto se propone construir una cuneta Típica de Zonas Urbanas, con un Altura de Bordillo de **0.15 metros**. (Imagen 33).

Imagen 33: Drenaje Lateral (Bordillo Integrado).




Fuente: Sustentantes (AutoCAD-2017).

5.2.3. Dimensionamiento de Badenes.

Pueden usarse combinado con las cunetas, son estructuras menos costosas que las alcantarillas o grandes puentes, en su mayoría no son muy sensibles con respecto al caudal de diseño, debido a que un pequeño incremento del tirante de agua incrementa de modo importante la capacidad hidráulica. Las dimensiones actuales de los badenes existentes en el tramo fueron evaluadas con el software H canales.

Imagen 34: Badén SC-18.

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.064"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0109"/> m/m

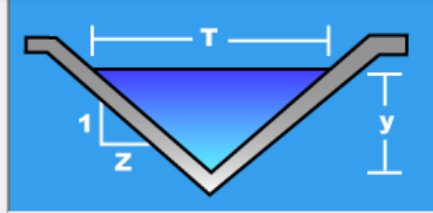


Resultados:	
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.2118"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0449"/> m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.4236"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.3998"/>
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.5990"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0749"/> m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.4268"/> m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3155"/> m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 35: Badén SC-19.

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.031"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0072"/> m/m




Resultados:	
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1744"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0304"/> m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3489"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.1015"/>
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4934"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0617"/> m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.0188"/> m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2273"/> m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 36: Badén SC-20.

Datos:	
Caudal (Q):	0.018 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.0096 m/m




Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1348 m	Perímetro (p):	0.3813 m
Area hidráulica (A):	0.0182 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0477 m
Espejo de agua (T):	0.2696 m	Velocidad (v):	0.9907 m/s
Número de Froude (F):	1.2184	Energía específica (E):	0.1848 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 37: Badén SC-21.

Datos:	
Caudal (Q):	0.049 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.0061 m/m




Resultados:			
Tirante normal (y):	0.2136 m	Perímetro (p):	0.6043 m
Area hidráulica (A):	0.0456 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0755 m
Espejo de agua (T):	0.4273 m	Velocidad (v):	1.0735 m/s
Número de Froude (F):	1.0487	Energía específica (E):	0.2724 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 38: Badén SC-22.

Datos:	
Caudal (Q):	0.027 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.0156 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1433 m	Perímetro (p):	0.4052 m
Area hidráulica (A):	0.0205 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0507 m
Espejo de agua (T):	0.2865 m	Velocidad (v):	1.3153 m/s
Número de Froude (F):	1.5690	Energía específica (E):	0.2315 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 39: Badén SC-23.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.036"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0060"/>	m/m




Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1909"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0364"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3818"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.0208"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.5400"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0675"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="0.9878"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2406"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 40: Badén SC-24.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.026"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0075"/>	m/m




Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1621"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0263"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3241"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.1105"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4584"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0573"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="0.9901"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2120"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 41: Badén SC-25.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.050"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0117"/>	m/m



Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1905"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0363"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3810"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.4249"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.5389"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0674"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.3775"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2872"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 42: Badén SC-26.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.050"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0121"/>	m/m

Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1893"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0358"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3786"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.4476"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.5355"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0669"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.3949"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2885"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 43: Badén SC-27.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.049"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0179"/>	m/m

Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1746"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0305"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3492"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.7370"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4938"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0617"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.6075"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3063"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 44: Badén SC-28.

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.032"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0217"/>	m/m

Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1435"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0206"/>	m ²
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2871"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.8511"/>	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4060"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0507"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="1.5532"/>	m/s
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2665"/>	m-Kg/Kg

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 45: Badén SC-29.

Datos:	
Caudal (Q):	0.048 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.0102 m/m




Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1925 m	Perímetro (p):	0.5445 m
Área hidráulica (A):	0.0371 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0681 m
Espejo de agua (T):	0.3850 m	Velocidad (v):	1.2951 m/s
Número de Froude (F):	1.3328	Energía específica (E):	0.2780 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen 46: Badén SC-30.

Datos:	
Caudal (Q):	0.023 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.0174 m/m

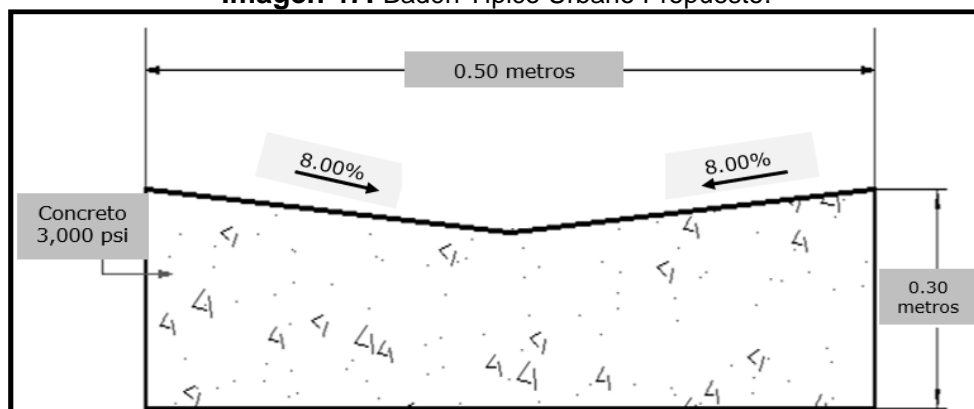


Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1322 m	Perímetro (p):	0.3739 m
Área hidráulica (A):	0.0175 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0467 m
Espejo de agua (T):	0.2644 m	Velocidad (v):	1.3165 m/s
Número de Froude (F):	1.6350	Energía específica (E):	0.2205 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

De acuerdo con los resultados de Hidráulicos el espejo de agua (T), de mayor importancia obtenido es el de la **Sc-18 (0.42 metros)**, en base a esto se propone construir un Badén de un ancho de 0.50 metros. **(Imagen 47)**

Imagen 47: Badén Típico Urbano Propuesto.



Fuente: Sustentantes (AutoCAD-2017).

CONCLUSIONES.

Según los objetivos específicos planteados en este proyecto de monografía se ha concluido lo siguiente:

En el Capítulo II: Estudio de Tráfico.

A partir de Conteos vehiculares realizados durante 7 días consecutivos (una semana) en periodos de 12 horas diurnas (en el mes de mayo del año 2018), se obtuvo un TPDA (tráfico promedio diario anual) de 517 vehículo/día.

Para la proyección del tráfico se utilizó la estación de mayor cobertura más cercana al tramo (Estación 107 Sébaco-San Isidro) obteniendo una tasa de crecimiento del 5.135%, dato alcanzado mediante las correlaciones del TDPA Vs PIB, TPDA Vs Población utilizando las variables de las tasas de crecimiento históricas desde el año 2002 al año 2016.

Una vez determinada la tasa de crecimiento y factor de crecimiento $FC=33.55$ se procede a realizar el cálculo del tránsito de diseño $TD= 1,959,324.0$. para posterior calcular el número de repeticiones por eje equivalente (ESALs) o $W18= 646,197.00$ en un periodo de 20 años.

En el Capítulo III: Estudio Geotécnico.

Se analizaron un total de 11 sondeos manuales con profundidades máximas de 1.50 metros los cuales evidencian que superficialmente existe una capa de rodamiento de 12 a 20 cm de espesor, sus suelos están compuestos en su mayoría de grava limosa con arena y de arenas limosas con arcilla tipo A-7-5, A-7-6 y A-2-4, son tipos de suelo de regular calidad a deficiente calidad para ser utilizados como base. El cálculo del CBR de la Sub- Rasante resulto de **8.0%**, este cálculo se realizó tomando un percentil de 75% ya que nuestro ESAL's o $W18$ es de **646,197.00** por debajo del millón.

El Banco de préstamo **N-2 Villa Esperanza** cumplió con los requerimientos mínimos que se establece, en la sección II del Artículo 1003.23 de la NIC 2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material para ser utilizado como base y subbase granular. Si bien el banco cumple para ser utilizado como base granular este se propone utilizar como subbase ya que la estructura de pavimento propuesta (concreto hidráulico) se obtuvo una losa de 6" pulgadas la cual funciona como base, por lo cual no necesita dicha capa granular.

El CBR Próctor modificado al 95% de este banco de préstamo según los ensayos de laboratorio resulta de **84%**, por encima del mínimo requerido según las normas de la NIC 2000, el ensayo de desgaste de los ángeles resultó de 48% y el de Intemperismo acelerado fue de 11% los cuales se encuentran por debajo del máximo establecido por lo cual, cumplen con los requerimientos mínimos de la NIC-2000.

El Banco **N°1 San Pedro**, se ajusta a lo establecido en la sección II del Artículo– 1003.23 de la NIC– 2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material para ser utilizado como subbase. Según los ensayos realizados este banco cumple para ser utilizado como fuente para subbase granular.

El CBR Próctor modificado de este banco de préstamo según los ensayos de laboratorio resulta de **61%**, por encima del mínimo requerido según las normas de la NIC 2000, el ensayo desgaste de los ángeles realizado en los fragmentos rocosos resultó de 39% y el ensaye de Intemperismo acelerado tuvo un resultado de 8%, estos datos se encuentran por debajo del máximo establecido, por lo cual cumplen con los requerimientos mínimos de la NIC-2000.

Se concluye que los 2 bancos de préstamos identificados para este proyecto de concreto hidráulico cumplen como fuente de material para ser utilizado como subbase granular no tratada, sin embargo, se escogió el banco **N-2 Villa Esperanza** ya que posee mejores características y un CBR más alto (84%) además de ser un material más grueso en comparación con el banco **N°1 San Pedro**.

En el Capítulo IV Diseño de Pavimento Rígido:

La determinación de los espesores de losa se llevó a cabo a través del método AASHTO edición 1993. Se utilizó un Coeficiente de confiabilidad (**$R=80\%$**), un error estándar combinado (**$S_0=0.35$**), un Módulo de reacción de la subrasante-subbase (**$K=180$**), un Módulo de ruptura (**$MR=600$**), un Módulo de elasticidad (**$E_c=3,597,329.82$**), un Coeficiente de transferencia de carga (**$J=3.20$**) y un Coeficiente de drenaje (**$C_d=1.00$**). El Espesor de losa de pavimento de concreto hidráulico resultante fue de 6 pulgadas y Subbase de 6 pulgadas.

En el Capítulo V Estudio Hidrológico E hidráulico.

Se identificaron un total de 30 Microcuencas (17 cunetas y 13 badenes), las cuales pertenecen a obras de drenaje menor a construir, ya que no existente a lo largo del tramo.

De acuerdo con los resultados Hidráulicos para que las obras de drenaje menor a construir tengan capacidad de evacuar el caudal de diseño generado por las cuencas de aportaciones, las cunetas de concreto deben contar con un tirante (Y), de 0.15 metros en base al caudal de la Sc-15 (0.081 m³/s), y los badenes deberán contar con un espejo de agua (T), de 0.50 metros, en base al caudal de la Sc-18 (0.064 m³/s).

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda respetar los espesores de la estructura de pavimento rígido diseñada, los cuales serán: 6" pulgadas de losa y 6" pulgadas de Subbase granular no tratada.
- En la elaboración de la capa Subbase, se debe constatar que el material no esté contaminado, que esté libre de cualquier otro material, ya sea bolsas, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que esto disminuirá la resistencia de la estructura y provocaría hundimientos en la estructura de rodamiento.
- La capa de material a utilizar como terreno de apoyo necesita ser compactado al menos al 95% Próctor Estándar, con el propósito de garantizar los valores de soporte óptimos considerados en el diseño.
- Se recomienda utilizar como fuente de material para la capa Subbase el banco de préstamo **N°2 Villa Esperanza** con el cual se diseñó la estructura de pavimento rígido.
- Para los suelos arcillosos más superficiales presentes en las estaciones 0+000,0+500,0+700,1+000, se recomienda realizar un corte de 10 centímetros extra y reemplazar con material de préstamo de cualquiera de los bancos analizados en el estudio geotécnico.
- ya que este material servirá de aislante para que el material sub-base no se contamine.
- Se recomienda a través de la supervisión, cumplir estrictamente con el espesor de diseño de la estructura de pavimento propuesto, así como el valor de resistencia a la compresión del concreto y las dimensiones de los

elementos complementarios al diseño, para así garantizar la calidad y la seguridad durante el periodo de diseño.

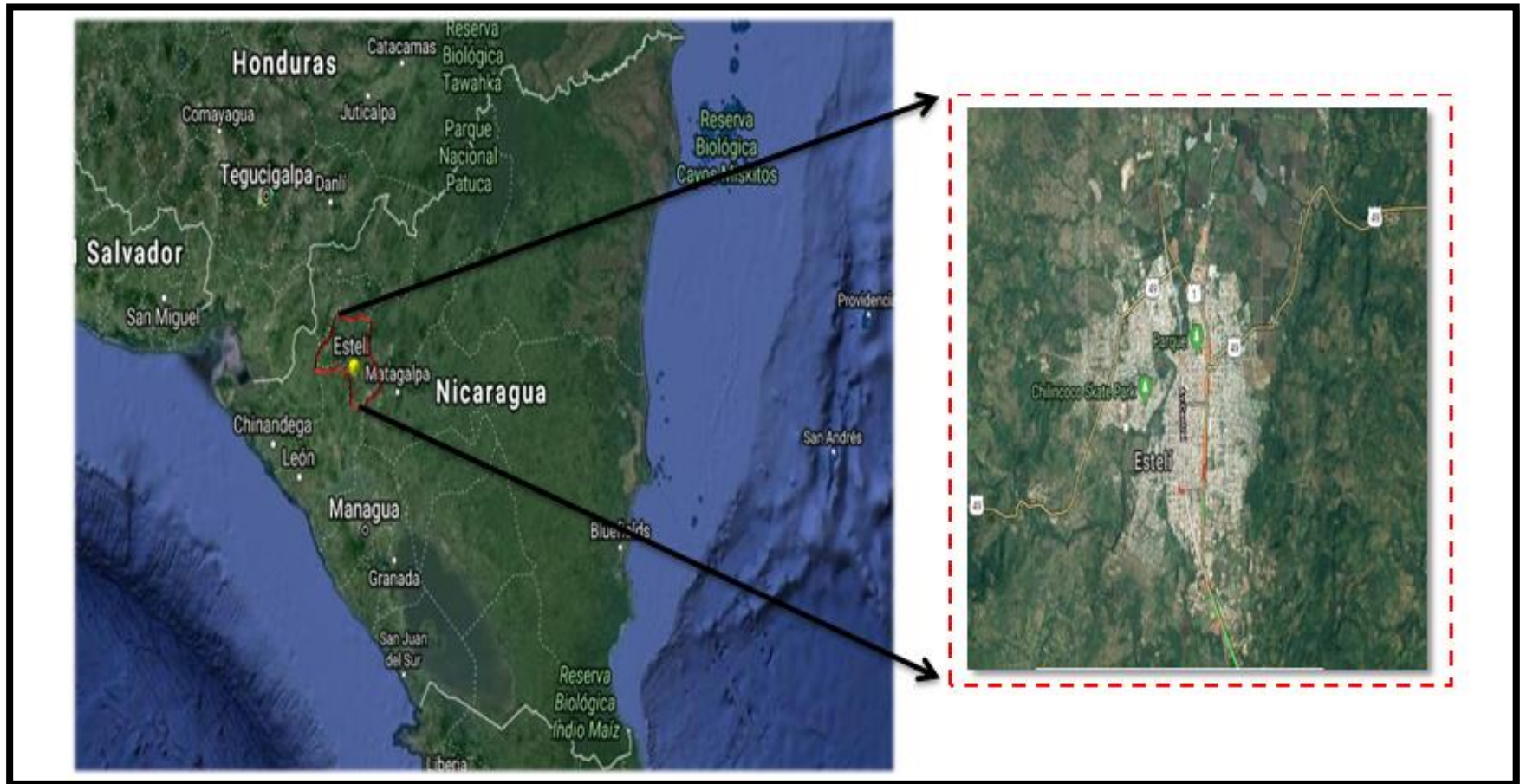
- Efectuar una debida supervisión durante el período de construcción, y en el cumplimiento de los espesores de diseño de las capas estructurales. en el diseño y construcción de las losas de concreto se recomienda valores de módulo de ruptura no menores a 600 psi.
- Se recomienda una resistencia a la flexión mínima de 42 kg/cm², utilizando el espesor de losa obtenido en el diseño de 6 pulgadas.
- Por motivos de conclusión de una jornada laboral o por retraso de fabricación del concreto, se recomienda que las juntas de construcción coincidan con las juntas transversales y longitudinales del proyecto.
- Con el fin de obtener una adherencia o fricción entre la superficie de contacto del neumático y el concreto, se recomienda aplicar texturizado a la superficie de la losa, este nos permitirá la rápida evacuación del agua de la superficie de rodamiento. La profundidad del texturizado se define de 3.0 mm a 6.0 mm.
- Los cortes de las juntas de la losa se deben realizar cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes que se produzcan agrietamientos no controlados, por lo general de 4 a 6 horas después del colado, según las condiciones atmosféricas. La profundidad de corte a considerar equivale a 1/3 del espesor de la losa.

BIBLIOGRAFIAS.

- ✓ AASHTO, e. a. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (5ta edición). San Juan: Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.
- ✓ BCN. (2016). Banco Central de Nicaragua (Informe anual).
- ✓ Calo H. [2008]. Diseño de pavimentos rígidos. Presentación del Instituto del Cemento Portland, ICPA, Argentina.
- ✓ Fonseca, A. M. (2011). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da.
- ✓ Infraestructura, M. d. (2016). Anuario de Tráfico. Managua: División de Administración Vial.
- ✓ Infraestructura, M. d. (2000). Especificaciones Técnicas NIC 2000. Managua: Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- ✓ Instituto del Asfalto. (1,991). Guía para el diseño de Espesores, (MS-1).
- ✓ Londoño Naranjo, C., & Alvarez Pabón, J. A. (2008). Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Medellín, Colombia: Instituto Colombiano de Productores de Cemento-ICPC.
- ✓ Portland Cement Association. (1984). Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. USA: Portland Cement Association.
- ✓ SIECA. (2002). Manual Centro Americano de Normas 2da. Guatemala: Secretaria de la Integración Económica Centroamericana.

ANEXOS

Imagen- 48 : Macro-Localización del tramo en análisis (Municipio de Estelí).



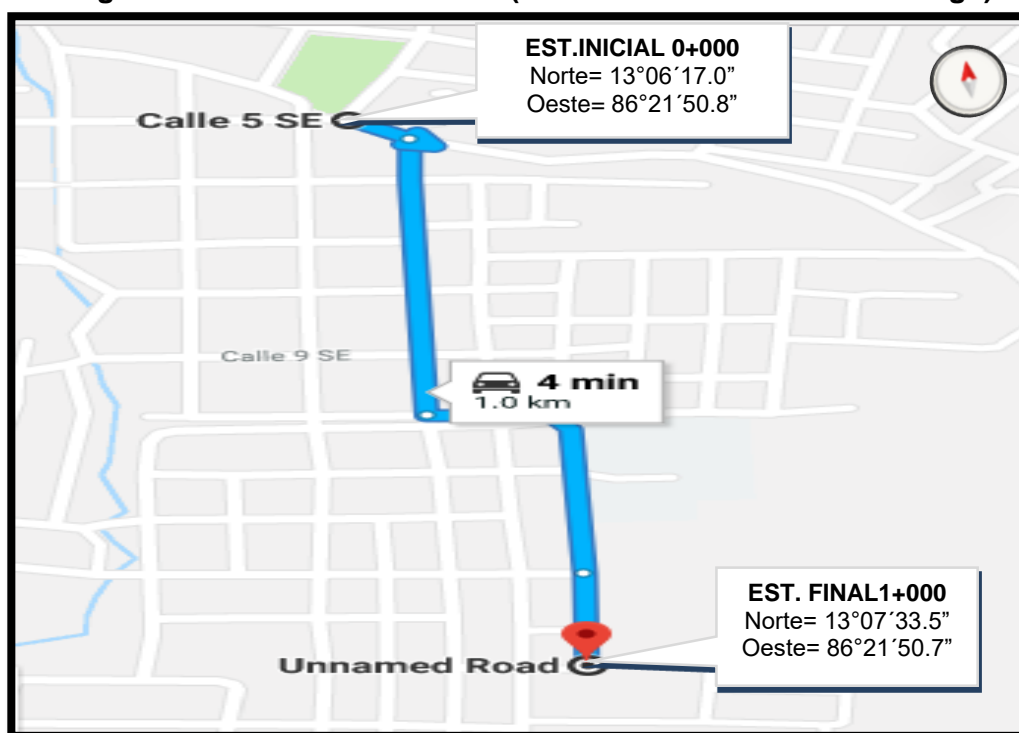
Fuente: Google Maps.

Imagen- 49 : Micro Localización (Distrito II - Barrio Santo Domingo).



Fuente: Google Maps.

Imagen N°50. Micro Localización (Distrito II - Barrio Santo Domingo).



Fuente: Google Maps.

Fotos: Estado Actual del Tramo en Estudio.

Foto N°1: Inicio del Tramo en Estudio (Est. 0+000).



Fuente: Sustentantes.

Imagen N°2: Drenaje Transversal Poco Funcional (Est. 0+120).



Fuente: Sustentantes.

Foto N°3: Erosión Moderada de la carpeta de Rodamiento (Est. 0+232).



Fuente: Sustentantes.

Foto N° 4: Erosión avanzada de la carpeta rodamiento (Est. 0+585).



Fuente: Sustentantes.

Foto N°5: Falta de Vados en intersecciones de las calles (Est. 0+718).




Fuente: Sustentantes.

Foto N°6: Fin del tramo (Est. 1+000).



Fuente: Sustentantes.

Tabla-70: Formato de Conteo Vehicular.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Sede Regional Del Norte - Recento Augusto C. Sandino		FORMATO DE CONTEOS DE TRÁFICO																			
				TRAMO CARRETERO:										FECHA CONTEO:									
ESTACION:		SENTIDO:										AFORADOR:											
Hora	Bicic	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal		
			Autos	Jeep	Camionetas Pick Ups	Mbus	MB>15 P	Bus	C2 Liv	C2>5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TvS&K5	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Cons t	Veh. Agríc			
12:3	12:3	12:3	12345678	12345678910	1234567891011	1234	12345	12345	1234567	1234567	1234	123	1234	12345	12345	12345	1234	1234	1234	12345	1234	1234	12345
4:56	5:678	9:10	11121314	11121314151617	1213141516171819	5678	6789	6789	89101112	89101112	5678	456	5678	6789	6789	6789	5678	5678	5678	5678	5678	5678	6789
7:89	9:1011	15:16	171819	181920212223	20212223242526	91011	101112	101112	1314151617	13141516	91011	789	91011	101112	101112	101112	91011	91011	91011	91011	91011	91011	101112
10:11	12:1314	20:212223	242526272829	27282930313233	27282930313233	12:13	131415	131415	18192021	17181920	12:13	1011	12:13	131415	131415	131415	12:13	1415	12:13	1415	12:13	1415	131415
12:13	15:1617	24:252627	303132333435	34353637383940	34353637383940	14:15	161718	161718	22232425	21222324	14:15	12:13	14:15	131415	161718	161718	151617	1415	16	1516	16	16	16
14:15	18:19	28:293031	3637383940	41424344454647	41424344454647	14:15	192021	192021	26272829	25262728	16	14:15	16	16	192021	192021	1819	141516	16	1516	16	16	16

Fuente: Facilitador Ing. Jimmy Sierra.

Conteo Vehicular de 7 días (lunes a Domingo).

Tabla-71: Conteo Vehicular día lunes 07– Mayo – 2018.

HORA		FECHA DE CONTEO: LUNES 07 DE MAYO 2018										SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BARRIO SANTO DOMINGO EST. 0+000					
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.		Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.										
06:00	07:00	15	4	0	3	2	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	32		
07:00	08:00	12	5	1	5	1	0	4	4	3	1	0	0	0	0	0	0	36		
08:00	09:00	6	8	0	4	0	0	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	25		
09:00	10:00	6	7	1	7	0	0	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	31		
10:00	11:00	14	3	0	3	0	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	30		
11:00	12:00	17	8	0	2	2	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	34		
12:00	13:00	18	6	1	8	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	39		
13:00	14:00	23	4	1	1	0	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	36		
14:00	15:00	17	5	3	4	1	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	37		
15:00	16:00	10	7	2	8	2	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	34		
16:00	17:00	11	11	4	1	5	3	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	41		
17:00	18:00	18	9	3	3	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42		
TOTAL		167	77	16	49	16	10	48	18	13	3	0	0	0	0	0	0	417		

Fuente: Sustentantes.

Tabla-72: Conteo Vehicular día martes 08– Mayo – 2018.

HORA		FECHA DE CONTEO: MARTES 08 DE MAYO 2018										SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: BARRIO SANTO DOMINGO EST. 0+000					
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total		
								McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.		V.C.	Otros
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.											
06:00	07:00	18	4	0	2	2	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		33	
07:00	08:00	14	1	1	2	1	0	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	29		
08:00	09:00	12	1	0	1	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	19		
09:00	10:00	8	9	1	9	3	0	4	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	44		
10:00	11:00	14	3	0	3	1	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31		
11:00	12:00	11	5	0	4	0	0	4	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	30		
12:00	13:00	18	14	0	8	2	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48		
13:00	14:00	24	3	0	4	0	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	38		
14:00	15:00	8	2	1	4	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	21		
15:00	16:00	19	11	1	14	1	0	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	56		
16:00	17:00	12	9	0	4	1	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35		
17:00	18:00	16	12	0	10	3	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51		
TOTAL		174	74	4	65	14	10	48	28	13	5	0	0	0	0	0	0	0	435		

Fuente: Sustentantes.

Tabla-73: Conteo Vehicular día miércoles 09– Mayo– 2018.

HORA		FECHA DE CONTEO: MIERCOLES 09 DE MAYO 2018 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: BARRIO SANTO DOMINGO EST. 0+000																Total	
		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.		Otros
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	10	4	0	1	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	
07:00	08:00	11	2	1	2	1	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	22	
08:00	09:00	17	1	1	3	3	0	4	3	5	0	0	0	0	0	0	0	37	
09:00	10:00	19	1	0	4	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	30	
10:00	11:00	12	4	0	6	0	3	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	35	
11:00	12:00	11	2	1	5	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	26	
12:00	13:00	27	4	0	3	1	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	43	
13:00	14:00	18	8	0	4	0	0	4	9	1	0	0	0	0	0	0	0	44	
14:00	15:00	11	10	0	8	1	0	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	39	
15:00	16:00	16	6	2	7	0	0	4	11	0	0	0	0	0	0	0	0	46	
16:00	17:00	11	3	1	11	0	3	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	39	
17:00	18:00	18	7	1	17	4	2	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	57	
TOTAL		181	52	7	71	12	10	48	43	14	2	0	0	0	0	0	0	440	

Fuente: Sustentantes.

Tabla-74: Conteo Vehicular día jueves 10– Mayo – 2018.

HORA		FECHA DE CONTEO: JUEVES 10 DE MAYO 2018 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: BARRIO SANTO DOMINGO EST. 0+000																	
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	23	3	0	2	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
07:00	08:00	14	2	1	5	1	0	4	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	34
08:00	09:00	6	1	0	6	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	19
09:00	10:00	16	2	1	2	1	0	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	31
10:00	11:00	6	8	3	7	2	3	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	38
11:00	12:00	12	17	4	4	0	0	4	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	46
12:00	13:00	22	2	0	12	1	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	45
13:00	14:00	6	1	2	1	0	0	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	17
14:00	15:00	2	3	3	3	0	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	20
15:00	16:00	12	5	2	11	1	0	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	39
16:00	17:00	14	3	2	7	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
17:00	18:00	22	1	1	12	1	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
TOTAL		155	48	19	72	8	10	48	18	16	8	0	0	0	0	0	0	0	402

Fuente: Sustentantes.

Tabla-75: Conteo Vehicular día viernes 11 – Mayo – 2018.

HORA		FECHA DE CONTEO: VIERNES 11 DE MAYO 2018 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: BARRIO SANTO DOMINGO EST. 0+000																	
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	8	2	1	2	1	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
07:00	08:00	12	4	2	4	0	0	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	30
08:00	09:00	8	9	1	5	1	0	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31
09:00	10:00	5	4	1	8	2	0	4	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	30
10:00	11:00	9	18	0	5	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
11:00	12:00	16	7	0	4	1	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
12:00	13:00	11	10	1	11	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
13:00	14:00	25	11	0	7	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
14:00	15:00	4	13	0	5	1	0	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	30
15:00	16:00	8	8	0	3	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	25
16:00	17:00	16	5	0	7	0	3	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	39
17:00	18:00	18	10	0	16	1	2	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	53
TOTAL		140	101	6	77	8	10	48	26	5	4	0	0	0	0	0	0	0	425

Fuente: Sustentantes.

Tabla-76: Conteo Vehicular día sábado 12 – Mayo– 2018.

HORA		FECHA DE CONTEO: SABADO 12 DE MAYO 2018										SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS					UBICACIÓN: BARRIO SANTO DOMINGO EST. 0+000				
		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.											
06:00	07:00	15	2	1	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	26		
07:00	08:00	13	3	0	7	1	1	4	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	34		
08:00	09:00	8	6	0	3	1	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27		
09:00	10:00	6	2	1	5	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	19		
10:00	11:00	6	4	0	2	0	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	19		
11:00	12:00	10	3	0	9	1	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	29		
12:00	13:00	18	9	0	11	0	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	44		
13:00	14:00	7	4	0	2	1	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21		
14:00	15:00	15	7	0	8	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35		
15:00	16:00	8	12	0	12	1	0	4	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	43		
16:00	17:00	11	0	0	8	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	25		
17:00	18:00	14	16	2	10	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49		
TOTAL		131	68	4	80	6	1	48	18	11	4	0	0	0	0	0	0	0	371		

Fuente: Sustentantes.

Tabla-77: Conteo Vehicular día Domingo 13 –Mayo– 2018.

HORA		FECHA DE CONTEO: DOMINGO 13 DE MAYO 2018 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: BARRIO SANTO DOMINGO EST. 0+000																Total	
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.		Otros
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	17	3	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	25	
07:00	08:00	6	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
08:00	09:00	9	3	1	6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	21	
09:00	10:00	18	6	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	30	
10:00	11:00	8	5	0	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
11:00	12:00	9	2	0	12	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	26	
12:00	13:00	7	2	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	
13:00	14:00	11	6	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	
14:00	15:00	9	4	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
15:00	16:00	8	5	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19	
16:00	17:00	7	6	0	8	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	25	
17:00	18:00	16	1	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	25	
TOTAL		125	43	2	80	2	2	0	11	2	0	0	0	0	0	0	0	267	

Fuente: Sustentantes.

Tabla-78: Indicadores Macro-Económicos.

Conceptos - Concept	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PIB (a precios constantes) ^{1/} - Real GDP ^{1/}	119,235.2	125,540.1	129,120.1	125,557.4	129,564.3	137,638.3	145,333.0	151,921.3	158,856.8	166,686.8
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	119,235.2	137,590.8	164,494.3	170,459.9	186,683.0	218,762.9	245,800.3	268,853.9	306,061.2	345,958.6
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	6,786.3	7,458.1	8,491.4	8,380.7	8,741.3	9,755.6	10,439.4	10,874.7	11,790.2	12,692.5
Población (miles de habitantes) ^{2/} - Population (thousands) ^{2/}	5,638.0	5,707.9	5,778.8	5,850.5	5,923.1	5,996.6	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7
Base monetaria - Monetary base	8,121.8	9,847.8	10,369.5	12,425.7	14,549.8	18,278.0	19,174.4	20,466.9	23,502.5	29,661.4
Depósitos totales ^{3/} - Total deposits ^{3/}	38,792.8	45,454.7	48,776.4	56,489.1	70,400.3	82,043.5	86,550.1	98,591.8	117,345.7	133,636.1
Cartera de crédito bruta ^{4/} - Gross credit portfolio ^{4/}	31,941.8	42,026.3	47,198.6	44,241.7	45,289.1	53,852.4	69,457.2	84,281.8	100,712.1	123,839.2
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(3,464.2)	(2,905.7)	(4,875.2)	(6,576.7)	(4,121.9)	(3,457.4)	(4,144.5)	(5,803.4)	(7,957.3)	(9,892.9)
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	578.6	1,311.1	(1,027.8)	(2,195.7)	(1,101.6)	354.2	(626.5)	(3,024.2)	(4,541.5)	(5,580.2)

Principales indicadores macroeconómicos

Conceptos	2012	2013	2014	2015	2016
Partidas informativas (millones C\$)					
PIB (a precios constantes)	147,661.4	154,936.8	162,351.3	170,230.1	178,234.6
PIB (córdobas corrientes)	247,993.9	271,529.8	308,403.1	347,462.6	378,661.5
PIB (en millones US\$)	10,532.5	10,983.0	11,880.4	12,747.7	13,230.1
Población (miles de habitantes)	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7	6,327.9

Fuente: Informe Anual del BCN -2016.

Tabla-79: Registros Históricos de la Estación de corta duración Estelí- Cóndega.

2015	579	541	306	1315	62	11	235	326	438	51		414	1		1	14	4,294
2012	250	320	181	893	13	9	188	262	227	51		226			1	8	2,629
2010	261	329	172	948	72	12	197	172	188	20	17	186					2,574
2008	161	308	258	762	16	7	178	228	187	37	0	361				5	2,508
2007	144	288	239	731	21	1	198	208	157	35		310				2	2,334
2004	99	231	228	695	29	7	197	157	169	28		348			1	6	2,195
2001	133	225	263	1,095	24	7	176	144	220	26		96	0		5	4	2,419
1999	83	205	314	1,047	2	4	175	134	293	43		111				6	2,417
1998	123	168	267	983	8	6	133	95	261	49	1	93	3		4	3	2,218
1997	95	133	230	763	8	7	119	78	223	40		69		1	5	1	1,777
1996	101	186	186	914	10	26	106	89	201	24		38		1	4	1	1,893
2016	612	572	323	1389	66	12	248	344	463	54		437	1		1	15	4,537

Fuente: Anuario de Trafico MTI -2016.

Tabla-80: Registros Históricos de la Estación de Mayor Cobertura Empalme Sébaco -San Isidro.

2016	989	1436	390	2190	153	11	239	446	507	113		424			14	1	22	6,935
2015	786	1,094	381	1,945	123	19	237	395	446	88	1	444		1	12		22	5,994
2014	654	947	374	1,760	77	14	234	419	412	57	1	377			8	1	15	5,350
2013	539	949	325	1,551	100	10	231	408	393	65		356			10	1	16	4,954
2012	435	916	353	1,581	57	14	237	435	358	56	8	374			6	1	12	4,843
2011	355	870	353	1,503	49	9	226	400	329	53	1	352			6	1	10	4,517
2010	306	871	356	1,492	43	8	228	353	288	44		327			8		10	4,334
2009	293	812	337	1,389	40	8	216	332	287	48		321			7	1	10	4,101
2008	222	705	356	1,394	44	13	229	335	351	47		380			8		9	4,092
2007	139	676	341	1,344	36	12	266	337	299	41		343			7		12	3,853
2006	123	687	349	1,362	39	13	269	317	298	44	1	326			7		14	3,849
2005	88	540	335	1,208	34	10	243	270	277	37	4	348			5		5	3,405
2004	104	594	359	1,267	38	13	228	284	309	37	1	369	1		9		9	3,622
2003	103	550	362	1,239	36	10	221	270	296	34	1	291	1		6	1	7	3,428
2002	135	468	360	1,300	35	5	207	244	295	38	2	161		0	14	0	7	3,272
2001	107	361	320	1,295	35	6	203	229	322	46		170			19		9	3,122
2000	108	287	325	1,230	26	5	190	204	309	31	1	171		0	11	0	7	2,905
1999	117	293	361	1,241	19	6	165	193	350	40	2	148	0	0	16	0	10	2,960
1998	91	305	292	1,073	23	4	121	97	269	23	1	102		1	9		11	2,422
1997	112	263	260	1,079	13	2	120	140	249	32	1	84		1	19		15	2,390
1996	99	254	254	967	12	28	113	114	300	38	1	85	1	1	25	1	12	2,305

Fuente: Anuario de Trafico MTI -2016.

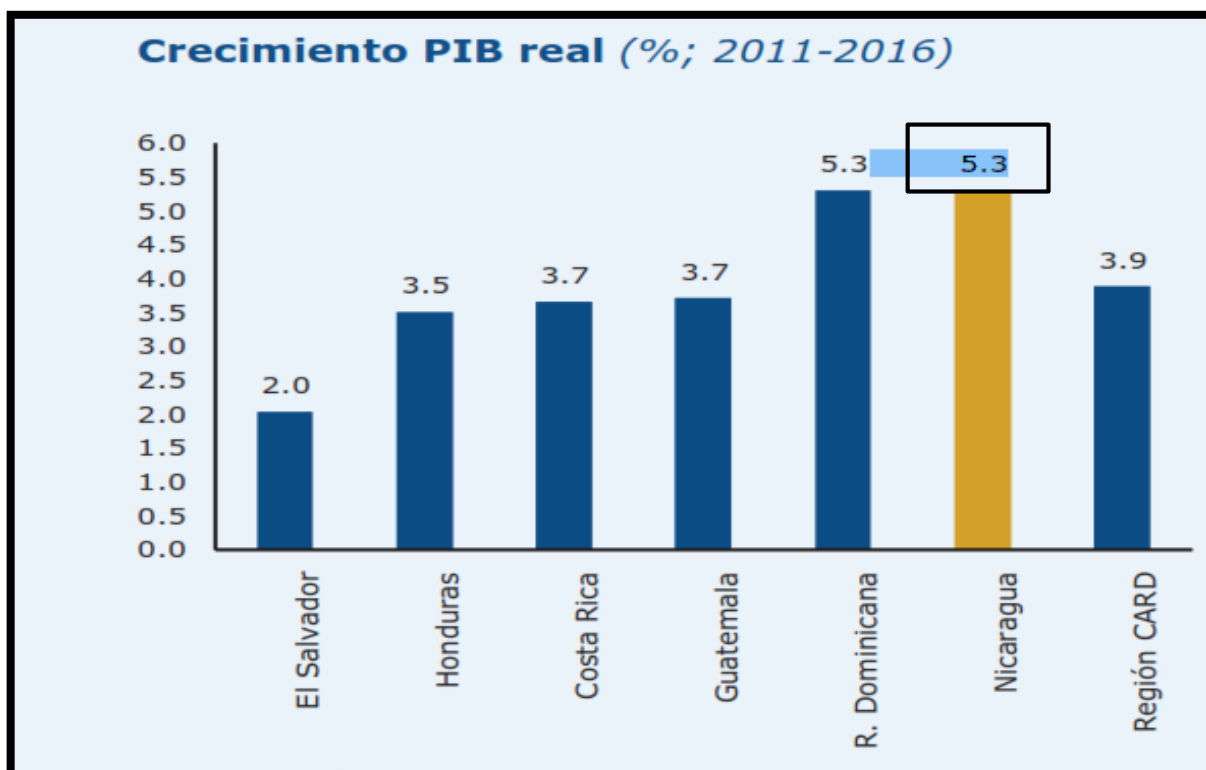
Tabla-81: Crecimiento Promedio en la actividad Económica de Nicaragua 2016.

PIB por grupo de actividades (aportes promedio al crecimiento)			
Concepto	1995-1999	2000-2010	2011-2016
Actividades primarias	1.1	0.7	0.6
Industria	0.9	0.6	0.9
Construcción	0.3	(0.3)	0.5
Comercio y servicios	2.4	1.8	2.7
Impuestos	0.6	0.2	0.7
PIB	5.4	3.1	5.3

Fuente: BCN.

Fuente: Informe Anual 2016/ BCN, pag.20

Grafico-19: Crecimiento PIB 2011-2016



















Fuente: Informe Anual 2016/ BCN, pag.41

Tabla-82: Tasas de Crecimientos de las 11 Estaciones de Mayor Cobertura.

N°	CODIGO NIC	EST.	NOMBRE DEL TRAMO	TASAS						
				2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	NIC-1	101B	Zona Franca - La Garita	2.08%	0.70%	1.90%	2.31%	2.42%	3.34%	4.53%
2	NIC-1	107	Sébaco - Emp. San Isidro	3.04%	4.59%	4.75%	4.60%	4.79%	5.16%	5.66%
3	NIC-2	200	Entrada al INCAE - El Crucero	2.52%	4.14%	4.30%	4.07%	4.54%	4.90%	5.10%
4	NIC-3	300	Sébaco - Quebrada Honda	4.94%	4.27%	4.83%	4.30%	4.68%	5.35%	6.13%
5	NIC-4	401	Masaya - Granada	0.037%	2.42%	2.51%	3.44%	2.90%	3.80%	5.46%
6	NIC-7	700	Emp. San Francisco - Tecolostote	5.73%	5.10%	5.40%	5.28%	5.00%	5.36%	5.49%
7	NIC-12A	1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	4.73%	5.10%	5.47%	5.47%	4.51%	5.72%	6.01%
8	NIC-18A	1802	San Marcos - Masatepe	5.36%	5.49%	7.55%	6.49%	6.90%	6.96%	7.59%
9	NIC-24A	2404	Chinandega - Corinto	3.73%	6.72%	8.60%	7.97%	8.14%	9.12%	8.99%
10	NIC-24B	2400	Chinandega (Rotonda) - Rancheria	-	8.68%	7.68%	7.39%	7.60%	7.67%	7.33%
11	NIC-28	2803	Nagarote - La Paz Centro	1.43%	4.56%	5.67%	4.65%	5.10%	4.04%	3.71%
TASA PONDERADA POR AÑO				3.36%	4.71%	5.33%	5.09%	5.14%	5.58%	6.00%

Fuente: Anuario de Trafico del MTI/2016, pag.17.

Tabla-83: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Trafico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracicl, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).









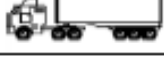



Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2017.

Tabla-84: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Liviano y Pasajeros.

Tipo de Vehículo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-15-30	4/8	8800/17600
C-2 LIV	4/8	8800/17600
BUS=C2	5/10	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Tabla-85: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Pesados.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00	16.00				37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00	20.00				41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00	4.0 a	4.0 a			29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00	4.0 a	5.0 a	5.0 a		35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura vial (MTI).

Tabla-86: Factores de Carga para Pavimentos, ejes simples.

Tabla VIII.3. Factores equivalentes de carga para pavimento rígido, eje simple, $p_t = 2,0$

Carga/eje		Espesor de Losa D en pulgadas (mm)								
(kpis)	(kN)	6,0 (152,4)	7,0 (177,8)	8,0 (203,2)	9,0 (228,6)	10,0 (254,0)	11,0 (279,4)	12,0 (304,8)	13,0 (330,2)	14,0 (355,6)
2	8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	17.8	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
6	26.7	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
8	35.6	0.035	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
10	44.5	0.087	0.084	0.082	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
12	53.4	0.186	0.180	0.176	0.175	0.174	0.174	0.173	0.173	0.173
14	62.3	0.353	0.346	0.341	0.338	0.337	0.336	0.336	0.336	0.336
16	71.2	0.614	0.609	0.604	0.601	0.599	0.599	0.598	0.598	0.598
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.55	1.56	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59	1.59
22	97.9	2.32	2.32	2.35	2.38	2.40	2.41	2.41	2.41	2.42
24	106.8	3.37	3.34	3.40	3.47	3.51	3.53	3.54	3.55	3.55
26	115.7	4.76	4.69	4.77	4.88	4.97	5.02	5.04	5.06	5.06
28	124.6	6.58	6.44	6.52	6.70	6.85	6.94	7.00	7.02	7.04
30	133.5	8.92	8.68	8.74	8.98	9.23	9.39	9.48	9.54	9.56
32	142.4	11.9	11.5	11.5	11.8	12.2	12.4	12.6	12.7	12.7
34	151.3	15.5	15.0	14.9	15.3	15.8	16.2	16.4	16.6	16.7
36	160.0	20.1	19.3	19.2	19.5	20.1	20.7	21.1	21.4	21.5
38	169.1	25.6	24.5	24.3	24.6	25.4	26.1	26.7	27.1	27.4
40	178.0	32.2	30.8	30.4	30.7	31.6	32.6	33.4	34.0	34.4
42	186.9	40.1	38.4	37.7	38.0	38.9	40.1	41.3	42.1	42.7
44	195.8	49.4	47.3	46.4	46.6	47.6	49.0	50.4	51.6	52.4
46	204.7	60.4	57.7	56.6	56.7	57.7	59.3	61.1	62.6	63.7
48	213.6	73.2	69.9	68.4	68.4	69.4	71.2	73.3	75.3	76.8
50	222.5	88.0	84.1	82.2	82.0	83.0	84.9	87.4	89.8	91.7

Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO, 1993.

Fuente: Guía de Diseño para estructuras de Pavimento AASHTO-93.

Tabla-87: Factores de Carga para Pavimentos, ejes tándem.

Tabla VIII.3. Factores equivalentes de carga para pavimento rígido, eje tandem, $p_t = 2,0$

Carga/eje		Espesor de Losa D en pulgadas (mm)								
(kpis)	(kN)	6,0 (152,4)	7,0 (177,8)	8,0 (203,2)	9,0 (228,6)	10,0 (254,0)	11,0 (279,4)	12,0 (304,8)	13,0 (330,2)	14,0 (355,6)
2	8.9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	17.8	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
6	26.7	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
8	35.6	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
10	44.5	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
12	53.4	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
14	62.3	0.051	0.049	0.048	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
16	71.2	0.087	0.084	0.082	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080
18	80.0	0.141	0.136	0.133	0.132	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131
20	89.0	0.216	0.210	0.206	0.204	0.203	0.203	0.203	0.203	0.203
22	97.9	0.319	0.313	0.307	0.305	0.304	0.303	0.303	0.303	0.303
24	106.8	0.454	0.449	0.444	0.441	0.440	0.439	0.439	0.439	0.439
26	115.7	0.629	0.626	0.622	0.620	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618
28	124.6	0.852	0.851	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849	0.849
30	133.5	1.13	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
32	142.4	1.48	1.48	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
34	151.3	1.90	1.90	1.93	1.95	1.96	1.97	1.97	1.97	1.97
36	160.0	2.42	2.41	2.45	2.49	2.51	2.52	2.53	2.53	2.53
38	169.1	3.04	3.02	3.07	3.13	3.17	3.19	3.20	3.20	3.21
40	178.0	3.79	3.74	3.80	3.89	3.95	3.98	4.00	4.01	4.01
42	186.9	4.67	4.59	4.66	4.78	4.87	4.93	4.95	4.97	4.97
44	195.8	5.72	5.59	5.67	5.82	5.95	6.03	6.07	6.09	6.10
46	204.7	6.94	6.76	6.83	7.02	7.20	7.31	7.37	7.41	7.43
48	213.6	8.36	8.12	8.17	8.40	8.63	8.79	8.88	8.93	8.96
50	222.5	10.00	9.69	9.72	9.98	10.27	10.49	10.62	10.69	10.73
52	231.4	11.9	11.5	11.5	11.8	12.1	12.4	12.6	12.7	12.8
54	240.3	14.0	13.5	13.5	13.8	14.2	14.6	14.9	15.0	15.1
56	249.2	16.5	15.9	15.8	16.1	16.6	17.1	17.4	17.6	17.7
58	258.1	19.3	18.5	18.4	18.7	19.3	19.8	20.3	20.5	20.7
60	267.0	22.4	21.5	21.3	21.6	22.3	22.9	23.5	23.8	24.0
62	275.9	25.9	24.9	24.6	24.9	25.6	26.4	27.0	27.5	27.7
64	284.7	29.9	28.6	28.2	28.5	29.3	30.2	31.0	31.6	31.9
66	293.6	34.3	32.8	32.3	32.6	33.4	34.4	35.4	36.1	36.5
68	302.5	39.2	37.5	36.8	37.1	37.9	39.1	40.2	41.1	41.6
70	311.4	44.6	42.7	41.9	42.1	42.9	44.2	45.5	46.6	47.3
72	320.3	50.6	48.4	47.5	47.8	48.5	49.9	51.4	52.6	53.5
74	329.2	57.3	54.7	53.6	53.8	54.6	56.1	57.7	59.2	60.3
76	338.1	64.6	61.7	60.4	60.3	61.2	62.8	64.7	66.4	67.7
78	347.0	72.5	69.3	67.8	67.7	68.6	70.2	72.3	74.3	75.8
80	355.9	81.3	77.6	75.9	75.7	76.6	78.3	80.6	82.8	84.7
82	364.8	90.9	86.7	84.7	84.4	85.3	87.1	89.6	92.1	94.2
84	373.7	101	97	94	94	95	97	99	102	105
86	382.6	113	107	105	104	105	107	110	113	116

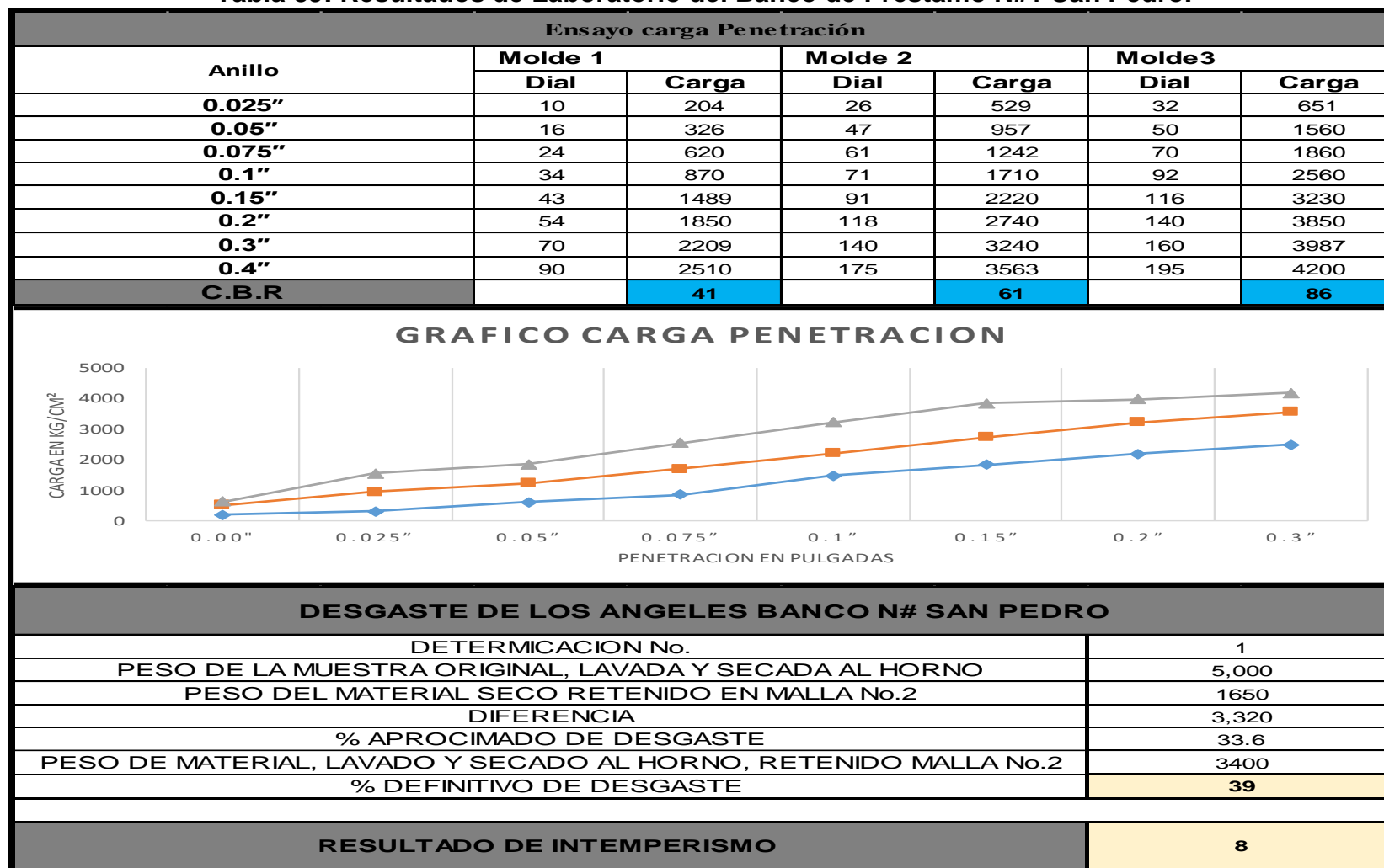
Fuente: Manual AASHTO– 93 Design Requirements.

Tabla -88: Clasificación de suelos, según AASHTO.

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				
NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación ente lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.) Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6 Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5											

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93.

Tabla 89: Resultados de Laboratorio del Banco de Préstamo N#1 San Pedro.



Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí-IDISA.

Tabla 90: Resultados de Laboratorio del Banco de Préstamo N#2 Villa Esperanza.

Ensayo carga Penetración						
Anillo	Molde 1		Molde 2		Molde3	
	Dial	Carga	Dial	Carga	Dial	Carga
0.025"	10	412	26	529	32	840
0.05"	16	652	47	1245	50	1560
0.075"	24	1100	61	1784	70	2200
0.1"	34	1349	71	2458	92	2890
0.15"	43	1657	91	3100	116	3624
0.2"	54	2150	118	3785	140	4521
0.3"	70	2678	140	4200	160	4956
0.4"	90	3210	175	4890	195	5340
C.B.R		47.8		84		100

GRAFICO CARGA PENETRACION

The graph plots Load Penetration (Carga en kg/cm²) on the y-axis against Penetration in inches (Penetración en pulgadas) on the x-axis. The y-axis scale goes from 0 to 6000 in increments of 1000. The x-axis scale goes from 0.00 to 0.3 in increments of 0.025. Three data series are shown: a grey line with triangle markers, an orange line with square markers, and a blue line with diamond markers. All three series show a positive correlation between penetration and load.

Penetración (pulgadas)	Carga (kg/cm²) - Grey Series	Carga (kg/cm²) - Orange Series	Carga (kg/cm²) - Blue Series
0.00	~800	~600	~500
0.025	~1500	~1200	~800
0.05	~2200	~1800	~1100
0.075	~2800	~2400	~1400
0.1	~3500	~3100	~1700
0.15	~4500	~3800	~2200
0.2	~5000	~4200	~2600
0.3	~5500	~4800	~3200

DESGASTE DE LOS ANGELES BANCO N#2 VILLA ESPERANZA	
DETERMICACION No.	1
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.2	1650
DIFERENCIA	3,320
% APROXIMADO DE DESGASTE	33.6
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.2	3250
% DEFINITIVO DE DESGASTE	48
RESULTADO DE INTEMPERISMO	11

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí- IDISA.

Requerimiento mínimo NIC– 2000 (Villa Esperanza).

Tabla-91: Requisitos que debe Cumplir el Material, para ser Utilizado como Base.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC– 2000	Banco de préstamo N°2	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste, Los Ángeles	Máx. 50%	48	Cumple
Intemperismo	Máx. 12	11	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	N.P	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T– 180) y 4 días de saturación	Min. 80%	84.%	Cumple

Fuente:Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000.

Tabla-92: 1003.10 de NIC 2000, Requisitos Graduación de Agregados.

Designación de tamiz (mm)	% que pasa por los tamices		Valoración
	NIC– 2000	Villa Esperanza	
75	100	100	Cumple
4.75	30– 70	48	Cumple
0.075	0– 15	2	Cumple

Fuente:Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000.

Requerimiento mínimo NIC– 2000 (San Pedro).

Tabla-93: Requisitos que debe cumplir el material, para ser utilizado como Sub-Base.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC– 2000	Banco San Pedro	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste, Los Ángeles	Máx. 50%	39	Cumple
Intemperismo	Máx. 12	8	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	9	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T– 180) y 4 días de saturación	Min. 40%	61%	Cumple

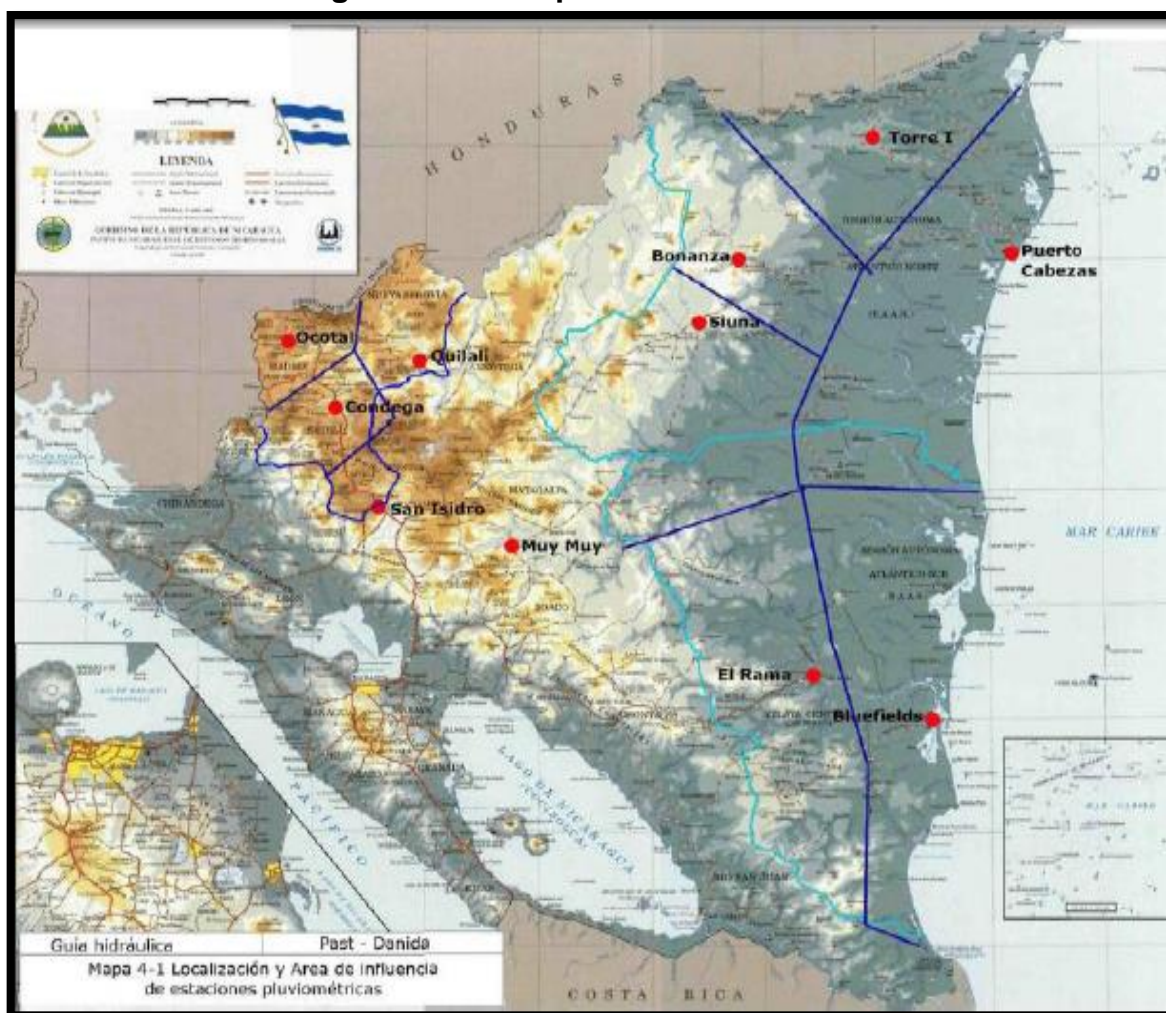
Fuente:Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000.

Tabla -94: Requisitos graduación de agregados.

Designación de tamiz (mm)	% que pasa por los tamices		Valoración
	NIC– 2000	Banco San Pedro	
75	100	100	Cumple
4.75	30– 70	71	No Cumple
0.075	0– 15	31	No Cumple

Fuente:Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000.

Imagen No. 51. Mapa de estaciones IDF.



Fuente: INETER, Past– Danida,2004.

Tabla No. 95: Factores de ajuste para la estación de Condega.

T Años	R	A	d	b
1.5	-0.9998	2150.861	14.0	1.008
2	-0.9996	3269.357	19.0	1.047
5	-0.9989	3063.418	18.0	0.97
10	-0.9978	2715.039	16.0	0.915
15	-0.9984	4069.531	21.0	0.97
25	-0.9982	4502.393	22.0	0.969
50	-0.9982	5779.707	25.0	0.991
100	-0.0083	8388.430	30.0	1.035

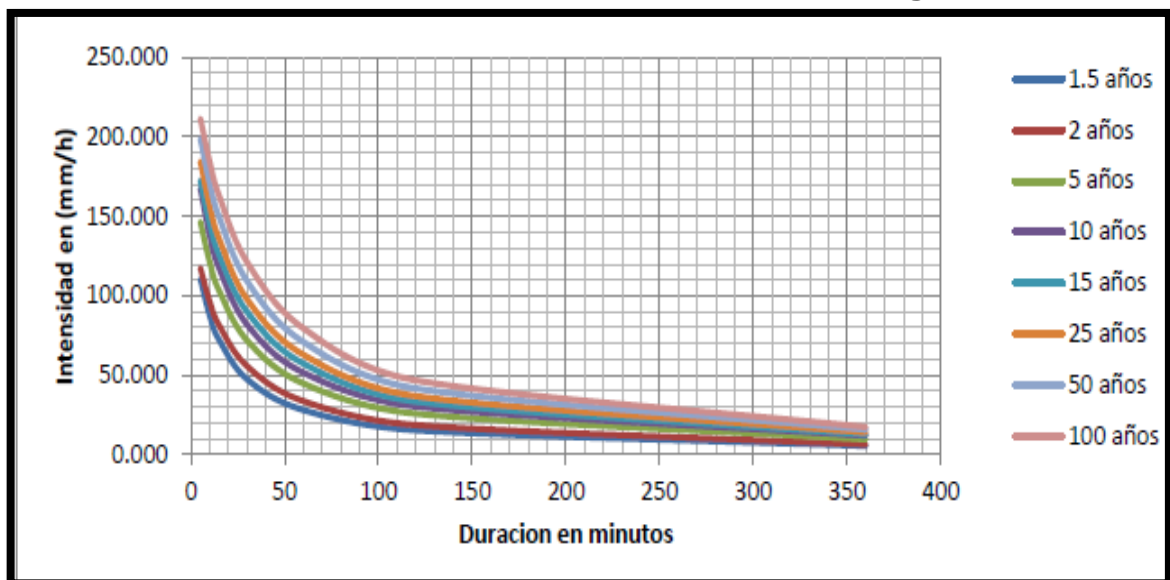
Fuente: INETER, Past– Danida.

Tabla No. 96: Intensidades en mm/h obtenidas del ajuste para la estación de Cóndega-Estelí.

PR	Duración (minutos)						
AÑOS	5	10	15	30	60	120	360
1.5	110.500	87.300	72.200	47.400	28.100	15.400	5.500
2	117.400	96.300	81.500	55.600	33.700	18.700	6.500
5	146.500	121.000	103.200	71.800	44.800	25.800	9.700
10	167.500	137.700	117.300	81.700	51.600	30.300	12.000
15	172.600	145.500	125.900	89.800	57.300	33.500	12.800
25	184.500	156.500	135.900	97.700	62.900	36.900	14.100
50	198.800	170.700	149.500	109.100	70.900	41.700	15.900
100	211.400	184.100	162.900	121.000	79.500	46.800	17.400

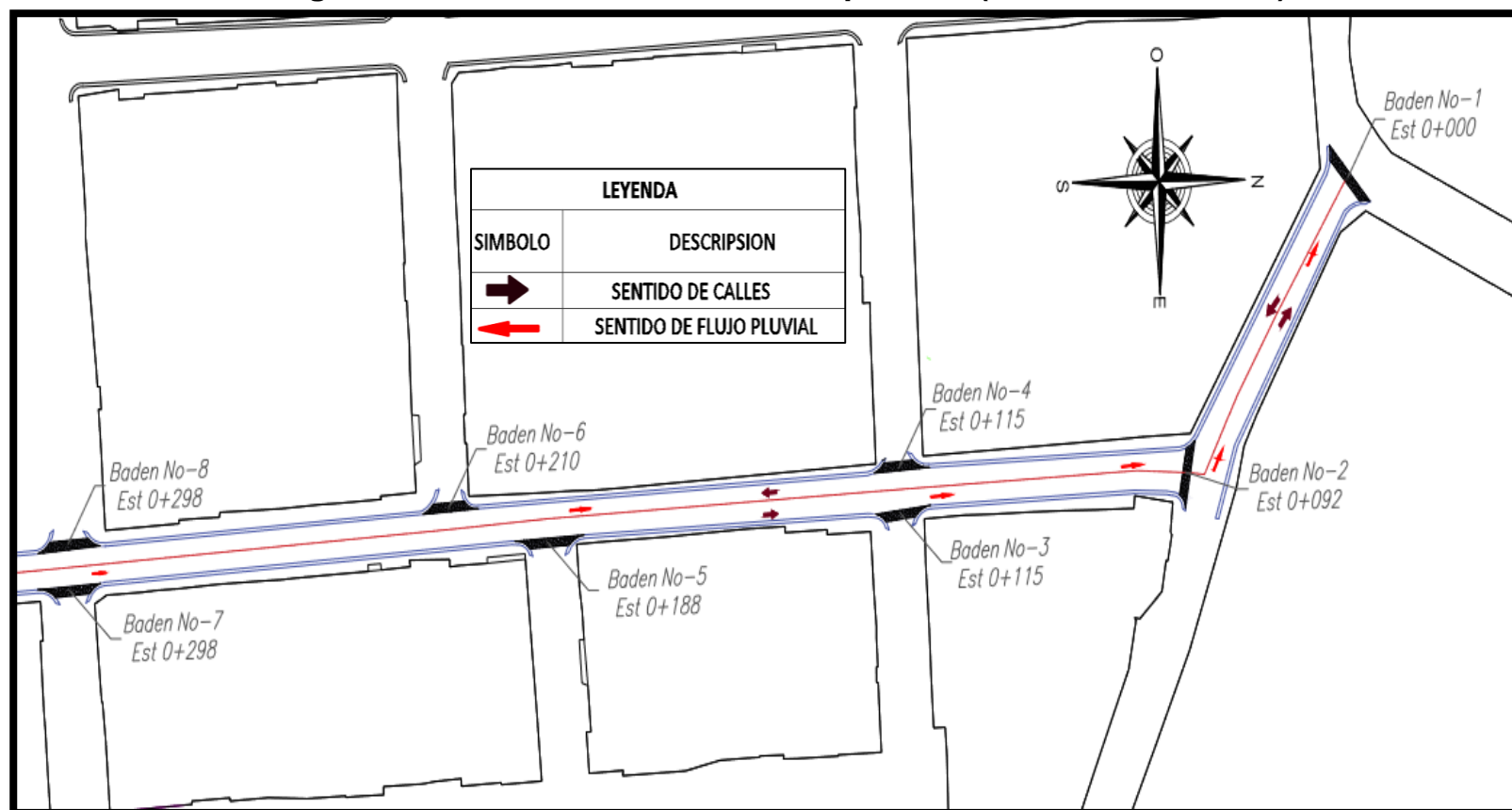
Fuente: INETER, Past– Danida.

Gráfico No. 20. Curvas IDF estación Cóndega.



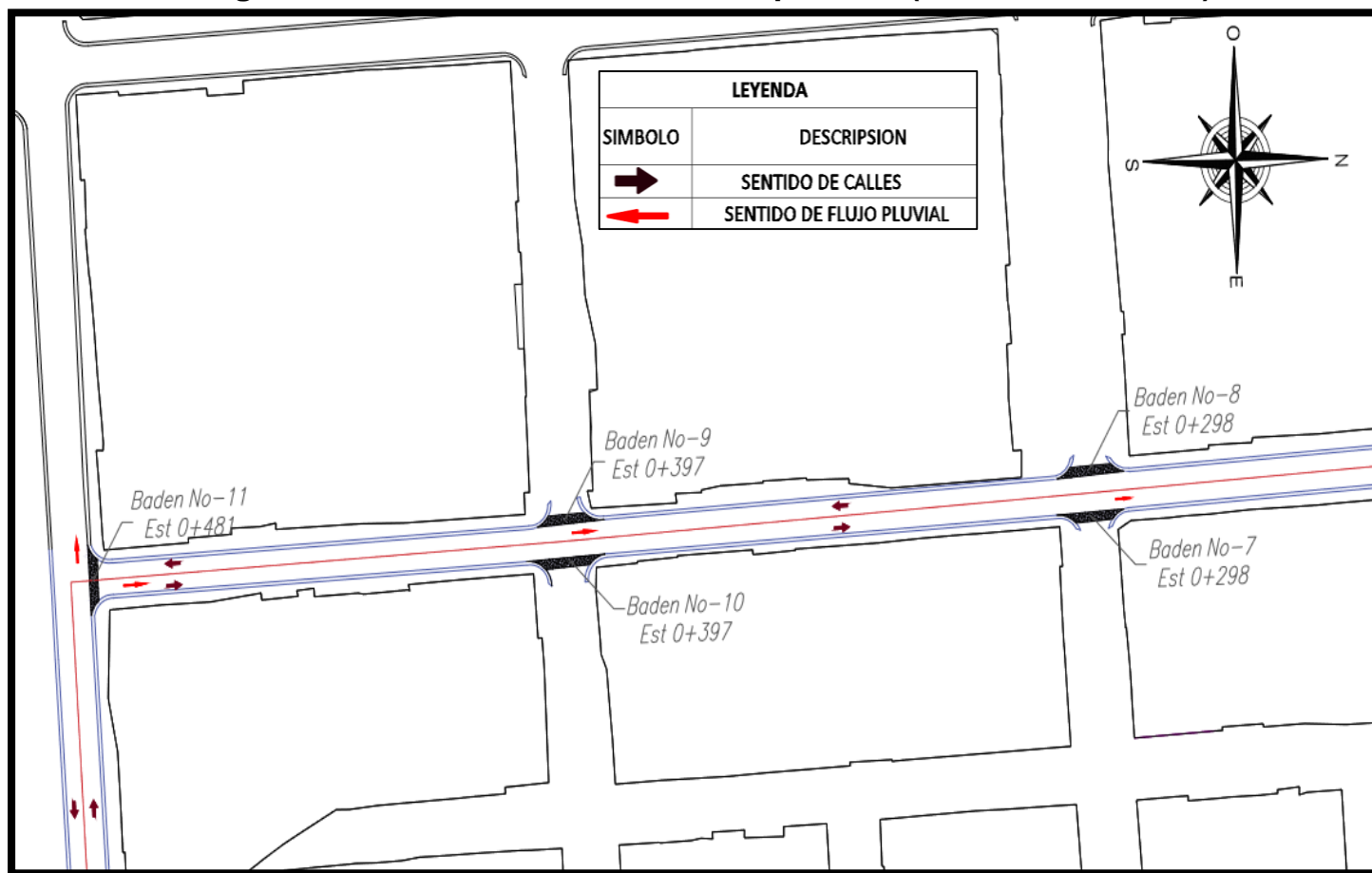
Fuente: INETER, Past– Danida.

Imagen 52: Ubicación de Badenes Propuestos (Est. 0+000 – 0+298).



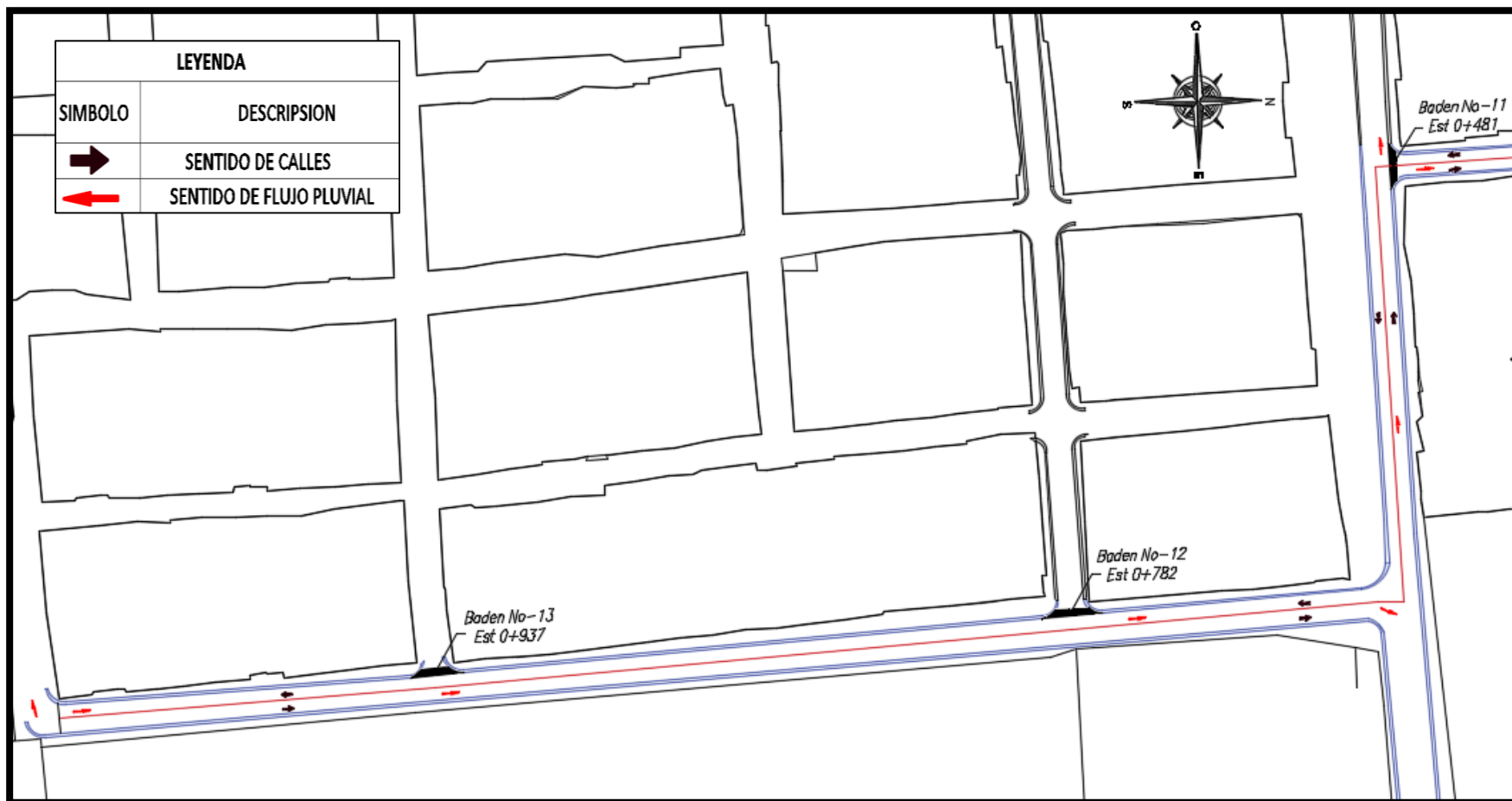
Fuente: Elaborado por sustentantes (Plano Sin Escala).

Imagen 53: Ubicación de Badenes Propuestos (Est. 0+298– 0+481).



Fuente: Elaborado por sustentantes (Plano Sin Escala).

Imagen 54: Ubicación de Badenes Propuestos (Est. 0+481– 1+000).



Fuente: Elaborado por sustentantes (Plano Sin Escala).

GLOSARIO.

- ✓ **Bombeo:** Es la inclinación que se da a ambos lados del camino, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión.

- ✓ **Calicatas:** Son excavaciones de profundidad pequeña a media, permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa para conocer la estratigrafía del subsuelo y caracterizar geotécnicamente cada uno de sus estratos. La calicata permite la toma de muestras in situ.

- ✓ **CBR. (Relación de Carga California):** Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón. Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para sub– rasante, sub base y base de pavimentos.

- ✓ **Humedad Óptima:** La humedad óptima es parte del ensayo de compactación, es la cantidad de agua a la cual se obtiene el mayor grado de compactación y se evalúa según la curva de compactación.

- ✓ **Índice de Plasticidad:** Es el rango de humedades en el que el suelo tiene un comportamiento plástico. Por definición es la diferencia entre límite líquido y el límite plástico.

- ✓ **Límites de Atterberg:** Es el procedimiento analítico que permite determinar el contenido de humedad en el cual se producen los cambios de estado de un suelo. Los límites definidos son sólido, semi- sólido, plástico o semilíquido.
- ✓ **Limite líquido:** Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado semi- líquido y plástico. Se les practican estos ensayos a los materiales que pasen la malla No.40.
- ✓ **Limite plástico:** Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y semi- sólido.
- ✓ **Módulo Resiliente:** Es una medida de la propiedad elástica de los suelos, fundamentalmente para caracterizar los materiales que constituyen la sección de un pavimento de una carretera.
- ✓ **PIB: El producto interno bruto (PIB),** es una medida macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país durante un período determinado de tiempo.
- ✓ **Posteadora:** Es una herramienta, manual muy simple que se usa para perforaciones o sondajes en suelos blandos hasta profundidades de 5m a 6m.